


Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1942.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-QUINZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1942.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1942

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUILLET 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, le mardi 14 juillet étant jour férié, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 15 au lieu du lundi 13.

M. **Alfred Lacroix** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Les Glaucophanites de la Nouvelle-Calédonie et les roches qui les accompagnent. Leur composition et leur genèse.*

Il paraîtra dans le Tome 65 des *Mémoires de l'Académie*.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Explication simple de plusieurs particularités des molécules.* Note (¹) de M. **Henri Deslandres**.

J'ai étudié longuement et par l'observation seule le rayonnement infrarouge et surtout le rayonnement infrarouge lointain des molécules, de leurs atomes et groupes d'atomes, rayonnement révélé par les spectres Raman, et j'ai exposé les derniers résultats dans 29 Notes des *Comptes rendus* depuis 1930. J'ai même annoncé trois lois simples de ce rayonnement, vérifiées sur plus de 300 molécules de complexité croissante et sur quelques complexes. Pour

(¹) Séance du 29 juin 1942.

éviter les redites, je prie le lecteur de se reporter aux Notes antérieures et surtout aux trois dernières Notes du 21 juillet, 1er et 29 décembre 1941, consacrées surtout aux molécules des êtres vivants (²).

Dans la Note actuelle je montrerai que les trois lois de ce rayonnement assurent une explication simple à plusieurs particularités des molécules, et je présenterai, sous la forme la plus générale, les principaux arrangements d'atomes et d'électrons qui, dans la molécule, émettent ses fréquences.

I. On a remarqué depuis longtemps que tous les hydrocarbures ont un nombre pair d'atomes d'hydrogène, ce qui apparaît nettement dans les formules générales des hydrocarbures à chaîne ouverte C^nH^{2n+2}, C^nH^{2n}, C^nH^{2n-2}, C^nH^{2n-4}, C^nH^{2n-6}. Or, dans ces molécules, les carbones et les hydrogènes forment deux groupes naturels qui s'opposent et s'activent mutuellement et qui, d'après les trois lois, doivent avoir le même nombre s' d'électrons activés pour émettre la même fréquence. On a, d'un côté, les $2n$ électrons des sous-anneaux extérieurs des carbones et, de l'autre côté, les $2n+2$, $2n$, $2n-2$, $2n-4$, $2n-6$ électrons des hydrogènes.

L'ionisation intérieure, simple, double ou triple, assure l'égalité des électrons activés (³), et l'on voit immédiatement que cette égalité serait impossible si le nombre des atomes d'hydrogène était impair.

Un autre arrangement de ces molécules est celui où, le nombre des atomes de carbone étant pair, les deux groupes opposés ont chacun la moitié des atomes de carbone et la moitié des atomes d'hydrogène. L'égalité des électrons s' activés est réalisée, et l'on a même trois arrangements de ce type avec les deux électrons du sous-anneau, les quatre du premier anneau et les six des deux anneaux du carbone. Si le nombre des carbones est supérieur d'une unité, l'un des groupes a en plus CH^2, ou C seulement, et l'autre groupe H^2. L'ionisation intérieure assure encore l'égalité des électrons activés, et l'on retombe sur le cas précédent.

L'étude des hydrocarbures cycliques conduit aux mêmes conclusions (⁴).

Comme les électrons de l'atome sont activés non un à un, mais par sous-anneaux et anneaux, on peut, avec la formule de constitution de la molécule,

---

(²) Les fréquences ν en cm^{-1} des spectres Raman publiés jusqu'ici sont comprises entre ν 30 et ν 5000, le rouge extrême de l'octave lumineux ayant la fréquence ν 12000.

On peut distinguer dans les molécules trois grandes classes, à savoir : les molécules de la matière minérale formées, les premières dans la croûte terrestre, puis les molécules des êtres vivants, d'une complexité croissante avec le temps; enfin les molécules de synthèse, de date récente, préparées dans le laboratoire, et de plus en plus nombreuses, grâce aux progrès continus de la chimie générale et de la chimie biologique.

(³) L'ionisation intérieure augmente la stabilité de la molécule, mais l'ionisation double ou triple est plus difficile à réaliser que l'ionisation simple.

(⁴) La théorie de la valence peut aussi conduire aux mêmes conclusions, mais je dois ajouter que les lois de la valence des atomes peuvent être déduites des lois du rayonnement moléculaire.

prévoir d'autres arrangements des atomes et des électrons liés à une fréquence, et former ce que j'ai appelé la *liste Act.* J'ai étudié ainsi et analysé trois hydrocarbures saturés, et en particulier le dodécane $C^{12}H^{26}$ dans la Note du 21 juillet 1941.

J'annonce d'abord que le dodécane offre les trois arrangements principaux d'atomes et d'électrons qui, dans les molécules, émettent une fréquence, à savoir : 1° l'arrangement du type A^2, A étant un atome ou groupe d'atomes; 2° l'arrangement ClH ou plutôt M-pH — H^p, le nombre p étant un sous-multiple du nombre d'électrons activés de M-pH, car alors la résonance intervient pour imposer au groupe H^p la fréquence du groupe M-pH; 3° l'arrangement du type CH^2—CH^3, les nombres d'électrons de CH^2 et CH^3 étant premiers entre eux, et la fréquence émise étant en raison inverse du produit de ces nombres. La résonance intervient plus largement encore dans ce type.

Ces arrangements se rapportent surtout à des molécules hydrogénées, alors que les trois types se retrouvent dans toutes les sortes de molécules. Je suis conduit à les présenter autrement, sous une forme plus générale, et même à ajouter un quatrième type.

Le premier type est celui d'un arrangement divisible en 2 ou n groupes ayant le même nombre El d'électrons activés; je l'appellerai El—El ou El^2 ou El^n, le terme A^2 ou A^n étant réservé au cas où les 2 ou n groupes sont identiques. Ce type est le plus fréquent dans les molécules que j'ai étudiées; il est aussi en général le type des molécules très stables, et, dans ce cas, il est formé avec tous les électrons de la molécule divisés en deux groupes presque égaux, dont la différence, égale à 2, est supprimée par l'ionisation intérieure. En général, d'ailleurs, la différence entre les électrons activés des deux groupes est un petit nombre pair.

Le deuxième type, assez fréquent, correspond à l'arrangement dont les nombres d'électrons activés dans les deux parties sont inégaux, ainsi que dans la molécule ClH, mais tels que l'un d'eux est un sous-multiple de l'autre. Je l'appellerai *type* El—El/p, p étant un nombre entier; et, comme la fréquence émise est égale à $q\,d_1/s'r'$, d_1 étant la constante 1062, 5, s' le nombre d'électrons activés, q un nombre entier, et r' étant le nombre entier de la résonance, on voit que les deux parties ont la même fréquence si r' est égal à p. De plus, la molécule peut avoir plusieurs grouges El, et plusieurs groupes El/p, même avec des nombres p différents. On conçoit que ce type puisse comprendre des molécules lourdes.

Dans le troisième type, les deux nombres d'électrons activés El_1 et El_2 sont premiers entre eux, et, comme la fréquence émise est en raison inverse du produit de ces nombres, au moins lorsque ces nombres sont petits, je l'appellerai type $El_1 \times El_2$.

Enfin un quatrième type est désigné par El_1—El_2, ces deux nombres étant différents et tels qu'ils sont associés dans l'analyse à des nombres q, s' et r' différents. Dans ce cas, la loi des fréquences égales des parties est moins bien satisfaite que dans les trois autres types. Plusieurs exemples de ce quatrième type, assez fréquent, ont été présentés dans les Notes antérieures.

II. Pour compléter l'étude des hydrocarbures, j'ai analysé un hydrocarbure non saturé avec un nombre impair d'atomes de carbone, l'isoprène C^5H^8, qui est le premier terme de l'importante série des terpènes. L'arrangement C^5—H^8 de 10 et 8 électrons donne avec l'ionisation le nombre s' commun 9, que j'écris $9^{\pm}$, ayant adopté la convention de représenter chaque électron déplacé par l'addition de $\pm$ au nombre final s'. D'autre part, la formule de constitution $(CH^3.CH^2)C$—$CH{=}CH^2$ indique les arrangements C^3H^5—C^2H^3 et C^2H^5—C^3H^2; d'où les nombres s' communs 11, $9^{\pm\pm}$, $16^{\pm}$ et 9, $14^{\pm}$, $16^{\pm}$ et $19^{\pm\pm}$. Tous ces nombres se retrouvent dans l'analyse des 18 fréquences de l'isoprène et en particulier de la fréquence la plus forte ν 1640 et d'une fréquence forte ν 1296.

L'obligation d'un nombre pair d'hydrogènes imposée aux hydrocarbures s'étend aux atomes impairs dans les molécules formées avec deux atomes de nombres atomiques impair et pair, surtout si l'émission des fréquences est semblable à celle des hydrocarbures. On a ainsi les molécules H^2O, Li^2O, B^2O^3, N^2O^3 et N^2C^2, F^2Ca, Na^2O, Al^2O^3, P^2O^3, P^2O^4, P^2O^5 et Cl^2O formées avec les premiers atomes impairs et les atomes pairs C, O et Ca.

Ces molécules ont l'arrangement El^2 avec ou sans ionisation intérieure; mais d'autres molécules des mêmes atomes, NO et NO^2, dont le spectre Raman est connu, ont un seul atome impair et sont, il est vrai, peu stables. Or la fréquence unique de NO ν 1877 est un multiple de $d_1/5 \times 6$, et de $d_1/7 \times 8$; la fréquence forte de NO^2 ν 1283 est un multiple de $d_1/3 \times 8$. Ces fréquences sont dues à l'arrangement $El_1 \times El_2$.

Parmi les molécules précédentes, l'une des plus stables est l'alumine Al^2O^3, abondante dans l'écorce terrestre. Les nombres d'électrons activables dans Al^2 et O^3 sont 6, 18, 22, 26 et 12, 18, 24; d'où les nombres s' communs 6-12, 18, $23^{\pm}$ et $25^{\pm}$.

Une molécule encore plus stable et plus abondante de la Géochimie est la silice SiO^2, qui forme plus de la moitié de l'écorce. Les nombres d'électrons activables de Si et O^2 sont 2, 4, 10, 12, 14 et 8, 12, 16; d'où les nombres s' communs 4-8, 12, $9^{\pm}$, $11^{\pm}$, $13^{\pm}$ et $15^{\pm}$. Tous ces nombres et aussi les nombres d'électrons activables se retrouvent dans l'analyse des 11 fréquences de la molécule, et en particulier dans les deux fréquences les plus fortes ν 465 et ν 207. L'atome le plus lourd Si a deux électrons de moins que les atomes légers, ainsi que dans les hydrocarbures saturés.

Plusieurs molécules géochimiques OH^2, MgO, Na^2O, SiO^2, Al^2O^3, SiF^4 ont des nombres d'électrons qui sont des multiples de 10, ce qui

facilite leur union dans des molécules complexes. A l'appui on peut citer la diaspore $Al^2O^3—H^2O$ et le kaolin $H^2Al^2Si^2O^8H^2O$ décomposable en $Al^2O^3+H^2O—2SiO^2—H^2O$, qui ont des arrangements du type El—El/5 et El—El—El/6. La serpentine et la glaucomie sont rattachées aussi à El^n—El/p (5).

III. La chlorophylle, qui est le corps le plus important du monde végétal, offre un atome Mg, relativement lourd, qui, comparable à un petit Soleil, est entouré des atomes plus légers H, C, N et O. La nature a arrêté son choix sur le magnésium qui, avec ses 12 électrons, est le corps simple qui peut le mieux vibrer en accord avec les atomes légers et en particulier avec le carbone, ses nombres d'électrons activables étant 2, 8, 10 et 12, 10 étant égal à 5×2 et 12 à 6×2.

Les hémoglobines, qui ont une composition semblable et des relations analogues, seront l'objet d'une Note spéciale.

IV. La nouvelle analyse des fréquences moléculaires est très utile; il faut donc relever et analyser le spectre Raman de tous les corps. Mais le calcul direct des nombres q et $s'r'$ de l'analyse est assez long; j'ai tourné la difficulté en calculant les tables des multiples de d_1/n, le nombre n variant de 1 à 150. Il faudrait publier ces Tables pour les mettre à la portée de tous.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Obtention d'une hémine à triazote.* Note de M. Georges Denigès.

Poursuivant mes recherches touchant la démonstration de l'étroitesse des rapports existant, dans leurs combinaisons chimiques, entre l'ion triazote $\overset{N}{\underset{N}{\|}}\!\!>N—$ et les halogènes, je suis arrivé à obtenir, cristallisée, une hématine triazotée tout à fait comparable par son aspect, sa coloration, ses propriétés cristallographiques etc. aux hématines halogénées, dont le type le plus connu est l'hématine chlorée (chloro-hématine), désignée habituellement sous le nom d'*hémine* (cristaux de Teichmann) et si utilisée pour la diagnose médico-légale du sang.

Pour en réaliser la formation, il faut disposer d'une solution d'hémoglobine pure ou, tout au moins, exempte de chlorures. Celle que j'ai employée, dans cette étude, a été préparée comme suit :

---

(5) Les fréquences citées dans cette Note tirées des Mémoires suivants : C^5H^8 par Srinivasan, *Proc. Indian Akad.*, 2, 1935, p. 105; NO par Rasetti, *Z. Physik*, 66, 1930, p. 666; NO^2 par Bragavanta, *Nature*, 127, 1931, p. 817; SiO^2 par Kujumzelis, *Z. Physik.*, 97, 1935, p. 561.

Du sang de mouton, recueilli sur anticoagulant (oxalate de potassium), a été centrifugé. Le culot globulaire, repris trois fois par quatre volumes d'eau physiologique et centrifugé, a été traité ensuite par cinq volumes d'eau distillée. Après un contact de 2 heures, l'ensemble a été amené à pH 4,5 (précipitation des stromas) et centrifugé. La solution mère d'hémoglobine, ramenée à pH 6 environ a été soumise à la dialyse, sous pression (et à la glacière), contre de l'eau distillée, jusqu'à ce que les eaux de dialyse ne contiennent plus de chlorures.

Le titre de la solution définitive était de 6,64 % d'hémoglobine. Pour l'emploi, elle a été étendue à moitié avec de l'eau distillée.

Voici la marche suivie et recommandée pour en dériver, à coup sûr, la combinaison cherchée.

Sur une lame de verre porte-objet, on met une goutte de ce liquide, ainsi dilué, en ayant soin que son pourtour soit aussi régulièrement circulaire que possible, qu'elle ne s'étale pas sur une surface dépassant 5 ou 6^{mm} de diamètre et qu'elle présente une convexité marquée.

On arrive à ce résultat en se servant, pour le prélèvement de l'essai, d'une baguette de verre de 5^{mm} de diamètre dont l'extrémité arrondie sera plongée, sur une longueur d'à peu près 5^{mm}, dans la solution hémoglobinique, puis apportée obliquement sur la lame jusqu'à ce que la gouttelette qu'elle tient en suspension entre en contact avec elle et y reste adhérente, après le retrait de la baguette (tous ces détails minutieux ont leur importance pratique).

Au niveau de son centre on fait tomber, avec précaution, à l'aide de la pointe d'un canif, quelques parcelles (1^{mg} environ) d'azoture de sodium en poudre, puis on les disperse dans la goutte d'hémoglobine, sans étaler celle-ci, en se servant de l'effilure d'un agitateur.

Cela fait, la préparation et son support sont placés sur une plaque chauffante maintenue à une température ne dépassant pas 40°, c'est-à-dire tout à fait supportable à la main.

Après dessiccation complète, le résidu rougeâtre est couvert d'une goutte d'acide acétique cristallisable exempt d'ion Cl, puis, avant que celle-ci ne s'étale, on revêt rapidement le tout d'une lamelle couvre-objet de 20^{mm} de côté. En général, si la goutte d'acide est de volume suffisant, elle se répand dans la totalité de l'intervalle compris entre les deux lames. Dans le cas contraire, on achève de remplir cet intervalle par de nouvelles gouttes d'acide placées sur les bords de la lamelle au-dessous de laquelle elles pénètrent aisément. L'ensemble est porté sur une plaque métallique, surmontant un bain-marie bouillant, où on le laisse pendant environ 5 minutes. Au bout de ce temps, le résidu hémoglobinique est, habituellement, plus ou moins dégagé d'acide, mais ce dernier n'est pas encore complètement évaporé, ce qui, du reste, est sans inconvénient pour son examen.

En explorant alors la préparation au microscope, à des grossissements variant de 150 à 700 diamètres, on constate la présence de nombreux cristaux jaune brun, d'hématine triazotée.

Les dilutions les meilleures, pour la bonne réussite de cette technique, sont comprises entre 2 et 4 % d'hémoglobine.

Quant à la dose d'azoture de sodium, elle est encore efficace avec, seulement, quelques dixièmes de milligramme, et elle n'est pas gênante même lorsqu'elle atteint 2 ou 3^{mg}.

Le même mode opératoire (et cela rapproche encore ces diverses hémines)

s'applique à l'obtention rapide des hématines combinées au chlore, au brome ou à l'iode, mais à la condition, pour une réussite certaine de l'opération, d'employer les sels alcalins, correspondant à ces halogènes, non à l'état solide, mais sous forme de solutions (1 % pour le chlorure de sodium; 2 % pour le bromure ou l'iodure de potassium).

L'apport de ces solutions est fait en mettant en contact la goutte d'hémoglobine, aux dilutions plus haut indiquées, avec l'extrémité de l'effilure (d'environ 2^{mm} de diamètre) d'une baguette de verre préalablement trempée sur une longueur de 2 ou 3^{mm}, au plus, dans les liquides chlorurés, bromurés ou iodurés. Le reste de l'opération est conduit comme avec l'azoture de sodium.

Dans ces différents essais, j'ai remarqué : 1° que les acides formique et propionique donnaient d'aussi bons résultats, sinon meilleurs parfois, que l'acide acétique, le premier s'appliquant surtout à une bonne formation de l'iodo-hématine et le second favorisant les dimensions de l'hématine triazotée; 2° que les diverses hématines halogénées étaient très résistantes à l'eau. Une fois formées, sous lamelle, on peut les mettre, sans les détériorer, en contact avec de l'eau distillée, alors que les halogénures alcalins employés dans la préparation et qui cristallisent eux-mêmes, quand ils sont utilisés en trop grand excès, disparaissent, en se dissolvant, lors de l'addition du véhicule aqueux.

Du reste, les cristaux d'azoture de sodium, qui pourraient être ainsi formés et qui se présentent en longues aiguilles prismatiques incolores, n'ont aucun rapport de coloration ni de forme avec ceux de l'hématine triazotée.

Il va sans dire que, lorsqu'on veut obtenir ces derniers en utilisant la technique qui vient d'être indiquée, on doit s'assurer, en premier lieu, que la solution d'hémoglobine employée étant essayée seule, c'est-à-dire sans addition d'azoture de sodium ou d'halogénures alcalins, ne fournit pas, après dessiccation, addition d'acide acétique et nouveau chauffage, des cristaux d'hémine ou qu'elle n'en donne qu'une quantité infime, si cette hémoglobine n'a pas été absolument déchlorurée.

CORRESPONDANCE.

M. **Emmanuel Fauré-Frémiet** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par le décès de M. *P. Marchal.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *A propos du principe de É. Picard.* Note (¹) de M. **Georges Biben**, présentée par M. Henri Villat.

Soit P un point quelconque du domaine D, dont les coordonnées sont x_0, y_0, z_0. Reprenons toutes les notations d'une précédente Note (²).

La fonction $B = m_1 \operatorname{tang} m_1(x - x_0)$, lorsque $|x - x_0| < 2\pi/m_1$, est finie et continue; de plus elle satisfait à l'équation différentielle

$$\frac{\partial B}{\partial x} - B^2 = m_1^2.$$

De même la fonction

$$B' = m_2 \operatorname{tang} m_2(y - y_0)$$

est finie et continue lorsque $|y - y_0| < 2\pi/m_2$, elle satisfait à l'équation

$$\frac{\partial B'}{\partial y} - B'^2 = m_2^2.$$

La fonction $B'' = m_2 \operatorname{tang} m_3(z - z_0)$, lorsque $|z - z_0| < 2\pi/m_3$, est finie et continue et satisfait à l'équation

$$\frac{\partial B''}{\partial z} - B''^2 = m_3^2.$$

Donc, à l'intérieur d'un parallélépipède rectangle assez petit pour que l'on ait

$$|x - x_0| < \frac{2\pi}{m_1}, \qquad |y - y_0| < \frac{2\pi}{m_2}, \qquad |z - z_0| < \frac{2\pi}{m_3},$$

on aura

$$B^2 + B'^2 + B''^2 + (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2) = \frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z},$$

ou bien

$$B^2 + B'^2 + B''^2 + m^2 < \frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z}.$$

Donc, en tout point commun au volume V du domaine D, et au volume du petit parallélépipède, on aura

$$B^2 + B'^2 + B''^2 - \theta < \frac{\partial B}{\partial x} + \frac{\partial B'}{\partial y} + \frac{\partial B''}{\partial z}.$$

En conclusion : Étant donné un domaine D, où les fonctions δ, e, f, g sont connues, on peut trouver autour de chaque point P du domaine D, un domaine assez petit D′ pour qu'une fonction ψ au plus vérifie l'équation

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} + 2\delta\frac{\partial\psi}{\partial x} + 2e\frac{\partial\psi}{\partial y} + 2f\frac{\partial\psi}{\partial z} + g\psi = 0$$

(¹) Séance du 11 mai 1942.

(²) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 989.

en tout point du domaine D, et prenne sur la frontière F du domaine D des valeurs données.

L'équation de M. De Donder s'écrit

$$\Box_2\psi - \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\Phi^\alpha\frac{\partial\psi}{\partial x^\alpha} + \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2\left[\frac{e^2}{c^2}\Phi^\alpha\Phi_\alpha - m_0^2c^2\right]\psi = 0 \qquad (\alpha = 1, 2, 3, 4);$$

entre les Φ^α et les Φ_α existe la relation

$$\Phi^\alpha = g^{\alpha\beta}\Phi_\beta.$$

Dans le cas d'un ds^2 galiléo-euclidien, cette équation prend la forme

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} - \left[\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}\right] - \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\left[\frac{1}{c^2}\Phi_4\frac{\partial\psi}{\partial t} - \Phi_1\frac{\partial\psi}{\partial x} - \Phi_2\frac{\partial\psi}{\partial x} - \Phi_2\frac{\partial\psi}{\partial y} - \Phi_3\frac{\partial\psi}{\partial z}\right] + \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2\left[\frac{e^2}{c^2}\Phi^\alpha\Phi_\alpha - m_0^2c^2\right]\psi = 0;$$

l'approximation newtonienne consiste à poser $1/c^2 = 0$; dans ces conditions nous obtenons l'équation

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} + \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\Phi_1\frac{\partial\psi}{\partial x} + \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\Phi_2\frac{\partial\psi}{\partial y} + \frac{4i\pi}{h}\frac{e}{c}\Phi_3\frac{\partial\psi}{\partial z} - \left(\frac{2i\pi}{h}\right)^2 m_0^2c^2\psi = 0.$$

D'après ce que nous avons dit plus haut, on peut trouver un domaine D suffisamment petit pour que, relativement à cette équation, le problème de Dirichlet soit correctement posé.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les fréquences propres de quelques carbures cycliques*. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous proposons de calculer les fréquences propres de quelques mouvements de vibration du cyclopentane, du cyclohexane et du cycloheptane; les molécules de cyclopentane et de cycloheptane sont planes; conformément aux travaux récents de Langseth et Bak [1], nous adoptons une structure analogue pour le cyclohexane; les atomes de carbone sont donc disposés aux sommets d'un polygone régulier.

La méthode de calcul est analogue à celle que nous avons utilisée dans l'étude des carbures aliphatiques ramifiés [2] : tous les radicaux ayant des masses égales, nous remplaçons ces derniers par des particules matérielles, de même masse m, disposées aux sommets d'un polygone régulier; nous supposons les constantes de liaison identiques et de valeur commune k; nous désignons par Θ le complément de l'angle de deux valences consécutives et prenons comme variables les variations de longueurs l_i des liaisons. Les équations du mouve-

(1) *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 403.

(2) M. Parodi, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 1005.

ment sont alors écrites en considérant l'énergie potentielle comme dépendant uniquement de ces variations.

Il vient, pour un modèle à n masses, en supposant les mouvements harmoniques et de pulsation ω, le système des n équations linéaires

$$\begin{aligned} -kl_n \cos\Theta + l_1(2k - m\omega^2) - kl_2\cos\Theta = 0,\\ -kl_1 \cos\Theta + l_2(2k - m\omega^2) - kl_3\cos\Theta = 0,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\ -kl_{n-1}\cos\Theta + l_n(2k - m\omega^2) - kl_1\cos\Theta = 0. \end{aligned}$$

Faisons le changement de variable

$$x = -\frac{2k - m\omega^2}{k\cos\Theta};$$

la recherche des fréquences propres revient à résoudre l'équation de degré n en x

$$\begin{vmatrix} x & 1 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 1 \\ 1 & x & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & x & 1 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ \ldots & & & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 1 & x & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 1 & x \end{vmatrix} = 0.$$

Il est facile de montrer que les racines de cette équation sont

$$x = -2,$$

$$x_K = -2\cos\frac{2K\pi}{n}, \qquad [K = 1, 2, \ldots, (n-1)].$$

En posant $\nu_0 = \sqrt{\frac{2K}{m}}$, les fréquences propres du système sont

$$\nu = \nu_0\sqrt{1 - \cos\theta} \qquad \text{et} \qquad \nu = \nu_0\sqrt{1 - \cos\theta\cos\frac{2K\pi}{n}} \qquad [K = 1, 2, \ldots, (n-1)].$$

ν_0, fréquence de vibration afférente à la liaison $CH^2 - CH^2$, sera prise égale à 919 cm^{-1} (2). Les tableaux suivants permettent de comparer les résultats du calcul aux données expérimentales.

Composé.	Fréquence (cm^{-1}). Calculée.	Observée (3). I. R.	R.
Cyclopentane $\theta = \frac{2\pi}{5}$	770	–	–
	(ν_0) 880	–	889
	1020	–	1032
Cyclohexane $\theta = \frac{\pi}{3}$	650	654	–
	(ν_0) 798	–	801
	1027	1021	1028
	1130	–	1158
Cycloheptane $\theta = \frac{2\pi}{7}$	567	–	–
	(ν_0) 722	–	729
	980	–	1005
	1150	–	1165

(3) Lambert et Lecomte, *Annales de Physique*, **18**, 1932, p. 329; Lyman G. Bonner, *J. Chem. phys.*, 5, 1937, p. 705; Harris, Ashdown et Armstrong, *J. Chem. Phys.*, **4**, 1936, p. 852; Canals, Godchot et Cauquil, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1574.

L'accord est satisfaisant, même pour le cycloheptane, dont l'angle entre valences consécutives diffère notablement de celui du tétraèdre des carbones.

Notons que, parmi les fréquences calculées, celles notées (ν_0) satisfont approximativement à la relation empirique de Canals, Godchot et Cauquil [3], [4]: $n(\nu_0)^2 = \text{const.}$; il est facile de justifier ce résultat. On a, d'une façon générale,

$$(\nu_0) = 919\sqrt{1-\cos^2\frac{2\pi}{n}}.$$

Il vient

$$n(\nu_0)^2 = \overline{919}^2\, n\left(1-\cos^2\frac{2\pi}{n}\right).$$

Considérons la fonction

$$y = n\left(1-\cos^2\frac{2\pi}{n}\right),$$

sa dérivée est

$$y' = \sin\frac{2\pi}{n}\left[\sin\frac{2\pi}{n} - \frac{4\pi}{n}\cos\frac{2\pi}{n}\right]$$

et s'annule pour

$$\operatorname{tang}\frac{2\pi}{n} = \frac{4\pi}{n},$$

d'où $n = 5,37$.

Pour cette valeur de n, y passe par un extremum; il n'est donc pas étonnant que, pour des valeurs de n voisines de 5,37, cas des composés étudiés, le produit $n(\nu_0)^2$ varie peu.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le comportement des éléments de redresseurs secs pour de faibles densités de courant.* Note de M. **Clément-Marie Theillaumas**, présentée par M. Aimé Cotton.

On considère généralement qu'un redresseur sec inséré dans un circuit parcouru par un courant alternatif se comporte comme une capacité C shuntée par une résistance R. On admet aussi qu'à une fréquence donnée, et dans de larges limites, la capacité est pratiquement indépendante de l'intensité efficace du courant alternatif qui passe par le redresseur, alors que la résistance décroît fortement quand l'intensité augmente.

Lorsque la densité du courant est faible, de l'ordre de quelques microampères par millimètre carré, cette représentation n'est pas toujours exacte. Nous avons trouvé des éléments n'ayant pas de capacité apparente et présentant, au contraire, un paradoxal effet de self. Cette observation a été faite aussi bien sur des redresseurs au sélénium que sur des redresseurs à oxyde cuivreux, normalement fabriqués et doués d'un coefficient de redressement convenable.

Comme les éléments de redresseurs de série ne sont jamais semblables entre eux, quels que soient les soins dont ils sont l'objet en cours de fabrication, afin

(4) M. Aubert, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 661.

de pouvoir faire des essais comparatifs, nous en avons fait fabriquer de la manière suivante : sur des flans de 45^{mm} de diamètre est *tartiné* le sélénium comme d'habitude, puis, après les divers traitements thermiques et chimiques, on projette au pistolet non pas une électrode rapportée unique, mais une série d'électrodes distinctes de différents diamètres grâce à un cache convenablement établi. Par cet artifice on obtient sur le même support des redresseurs ayant subi à chaque opération un traitement identique, dans le même temps, à la même température.

Le pont d'impédance utilisé pour les mesures ne présente aucun caractère particulier. L'intensité parcourant le redresseur est relevée au moyen d'un dispositif amplificateur à triodes donnant la valeur moyenne. Les mesures sont faites à 800 p:s.

On constate les faits suivants :

a. A intensité constante l'effet de self (réactance positive) ne se remarque que sur les disques de petite surface (tableau I).

b. La réactance d'un disque est fortement variable avec l'intensité; sa valeur peut changer de signe (tableau II).

TABLEAU I.

Variation de l'impédance en fonction de la surface pour $i = 300^{\mu}A$.

Surface en mm².	Résistance R ohms.	Réactance S ohms.	Densité de courant par mm² μA.
0,8	6580	+ 640	370
2,4	6500	+ 590	126
4,9	4400	+ 400	63
19,6	3970	— 70	15,2
28	3770	— 190	10,7
50	3360	— 600	6,0
79	2920	— 1100	3,3
114	2010	— 1420	2,9

TABLEAU II.

(Disque de 6^{mm}). *Variation de l'impédance en fonction de l'intensité.*

Intensité moyenne en μA.	Résistance R ohms.	Réactance S ohms.	Densité de courant par mm² μA.
100....	5650	— 1250	3,6
200....	4450	— 930	7,2
300....	3770	— 190	10,7
400....	3450	— 100	14,4
500....	3240	— 45	18,1
600....	3090	— 10	21,6
700....	2970	+ 10	25,5
800....	2870	+ 45	29
1000....	2720	+ 95	36
1500....	2490	+ 140	54
2000....	2340	+ 160	72
5000....	1960	+ 180	181

L'examen de ces tableaux montre que la réactance est négative (réactance de capacité) lorsque la densité de courant par millimètre carré est faible et qu'elle devient positive (réactance de self) lorsque la densité dépasse une certaine valeur.

Ce phénomène est peut-être dû au fait que la courbe d'arrêt n'est pas assimilable à un condensateur parfait. Il doit exister entre l'électrode rapportée et le semi-conducteur, analogues à des résistances de fuite, des ponts conducteurs ayant des conductibilités inégales qui sont une fonction croissante du courant

qui les traverse. Lorsque l'intensité totale atteint une certaine valeur, la densité de courant passant par certains de ces ponts (ceux de moindre résistance) est bien plus grande que celle que l'on calcule en supposant une répartition uniforme sur toute la surface. Les échauffements (ou refroidissements) instantanés locaux qui en résultent peuvent engendrer des f. é. m. qui arrivent à masquer la capacité de la couche d'arrêt. Lorsque la densité de courant diminue, la capacité redevient perceptible au pont d'impédance.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés électriques des couches minces de nickel.* Note ([1]) de M. **Antoine Colombani**, transmise par M. Paul Langevin.

Nous avons déjà communiqué ([2]) les résultats obtenus sur l'évolution thermique de la conductibilité des couches minces de nickel obtenues par pulvérisation cathodique dans l'hydrogène. Les résultats suivants portent sur des lames minces n'ayant subi aucun recuit, sinon celui de la température ambiante (résistivité et épaisseur critiques). La technique opératoire est celle qui, mise au point il y a quelques années, nous a permis d'obtenir des phénomènes répétables et des résistances stables à 1/1000 près (tubes de projection purgés au four électrique, masses métalliques purgées par induction à 800°, alternativement sous le vide de la pompe double à palettes et dans l'hydrogène ionisé, ce dernier purifié au préalable par osmose et passage dans un piège à air liquide).

Résultats. — Les couches minces de nickel obtenues dans les mêmes conditions de pression et les mêmes conditions électriques (400 V, 1 mA), de manière à éviter tout échauffement, présentent une résistivité qui décroît exponentiellement quand l'épaisseur augmente de $70^{m\mu}$ à $178^{m\mu}$, pour devenir constante et 80 fois plus élevée que celle du nickel usuel au-dessus de cette épaisseur. Leur aspect est noir, et, vues au microscope, les couches de faible épaisseur présentent un fond atomique continu sur lequel apparaît un grain extrêmement fin.

Au-dessous de $100^{m\mu}$, ces couches présentent les phénomènes suivants :

1° Les phénomènes d'évolution spontanée se traduisant sitôt après projection par une légère augmentation de résistance avec le temps, jusqu'à une valeur stable. Cette augmentation, qui atteint 20 % pour des lames très minces (20 à $60^{m\mu}$), diminue rapidement et disparaît complètement quand l'épaisseur augmente. Au-dessus de $120^{m\mu}$ ce phénomène devient négligeable. Les couches déposées au-dessous de cette épaisseur ne semblent donc pas se former immédiatement, mais subir un arrangement interne. A cause de ce phénomène la

([1]) Séance du 1er juin 1942.

([2]) *Comptes rendus*, 210, 1939, p. 795.

mesure des résistances devient extrêmement délicate. Deux méthodes peuvent en effet être utilisées. La première consiste à attendre, pour poursuivre la projection, que le palier soit atteint, la deuxième à recommencer la projection avant que l'évolution n'ait eu le temps de se faire trop sentir. Les deux méthodes ont été employées. Nous avons constaté qu'au-dessous de $178^{m\mu}$ la conductibilité des couches obtenues diffère suivant leur processus de formation. Mais au-dessus de cette valeur, elle en devient indépendante, constante et égale à 740.10^6 ohms/cm.

La croissance de R par évolution spontanée peut s'interpréter en admettant qu'immédiatement après projection se produisent, pour les faibles épaisseurs, des retraits du métal, provoquant des groupements atomiques. Au-dessous d'une certaine épaisseur, une configuration d'atomes purement statistique ne serait pas stable et permanente.

2° Des phénomènes de cohésion (interprétables de la même manière). Soumises à l'influence d'un champ électromagnétique de 200 000 Hz, leur conductibilité croît irréversiblement de 1 %.

3° La conductibilité ne suit pas la loi d'Ohm. Elle croît avec le champ électrique et ne devient constante que pour un champ supérieur à 10 volts/cm.

4° Le pouvoir réflecteur de ces couches non recuites n'est appréciable qu'au-dessus de $60^{m\mu}$, et les coefficients de température paraissent, pour des échauffements de quelques degrés, extrêmement petits en valeur absolue (10^{-4}), positifs pour $e > 178^{m\mu}$, négatifs pour $e < 178^{m\mu}$. Un rayonnement ultraviolet ne produit aucune variation de résistance. Mêmes aux fortes épaisseurs, les constantes électriques des couches non recuites sont très éloignées de celles du nickel usuel.

D'ailleurs les rayons X ne décèlent que de la matière à l'état amorphe.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques des corps poreux.* Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons étudié [1], du point de vue magnétique, des fragments de porcelaine et quatre échantillons de charbon actif. Les résultats obtenus, valables pour ces solides dans l'air, ou noyés dans l'eau, nécessitaient une étude plus poussée. Il convenait, en particulier, d'examiner comment variait le coefficient d'aimantation du solide, en passant graduellement d'une atmosphère d'air sec à une atmosphère de plus en plus chargée d'eau, jusqu'à atteinte du milieu ambiant totalement liquide.

Les résultats obtenus ont confirmé pleinement les précédents. La règle d'additivité s'applique à l'eau et à la porcelaine propre. S'il y a des poussières sur le solide, et vraisemblablement dans les pores, en raison sans doute de la

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 823.

gêne qu'éprouve l'eau à se substituer à l'air dans les canalicules, la règle ne s'applique plus. Voici, du reste, les résultats obtenus avec des billes de porcelaine : p % représente la masse d'eau contenue dans 100^g de mélange, $10^6\chi_m$ est le coefficient d'aimantation du mélange, et $10^6\chi$ celui du solide, déduit des valeurs de p, de χ_m, et du coefficient d'aimantation de l'eau, $-0,72.10^{-6}$. Les valeurs signalées par un astérisque sont celles du mélange soumis à l'action de la trompe à eau, pour éliminer les dernières cavernes d'air lorsque le tube de la balance est rempli.

Coefficient d'aimantation des mélanges d'eau et de porcelaine.

Billes sales.			Billes propres (lavées à l'eau).		
p %.	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.	p %.	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.
0..........	+1,613	+1,613	0..........	+0,248	+0,248
6,74.......	+1,097	+1,228	8,98.......	+0,176	+0,265
13,03.......	+0,598	+0,795	16,74.......	+0,079	+0,239
»	+0,185	+0,320	23,30.......	+0,020	+0,245
19,28.......	+0,124	+0,325	29,14.......	−0,0357	+0,245
24,30.......	+0,0611	+0,311	33,96*.......	−0,0821*	+0,246*
31,46.......	−0,021	+0,300			
»	−0,034	+0,280			
»	−0,049	+0,258			
» *.......	−0,062*	+0,240*			

Lorsqu'on s'adresse au charbon de noix de Coco, activé ou non, les résultats sont mauvais au point de vue de l'additivité, comme en fait foi le tableau suivant, conçu comme le précédent. Par contre, s'il est pulvérisé, la règle d'additivité, on le voit, s'applique remarquablement. Le dernier résultat, après succion à la trompe, a été obtenu au bout de deux semaines de séjour du charbon dans le champ magnétique (707 gauss). Cela explique peut-être la croissance de χ.

On peut donc en conclure que les anomalies constatées entre les propriétés magnétiques de l'eau et du solide poreux sont certainement dues à une difficulté de pénétration de l'eau dans le solide.

Coefficient d'aimantation des mélanges d'eau et de charbon de noix de Coco activé ou non activé.

Granulé non activé.			Granulé activé.			Pulvérisé activé.		
(%).	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.	(%).	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.	(%).	$10^6\chi_m$.	$10^6\chi$.
0	−0,0733	−0,0733	0	+2,295	+2,295	0	+4,871	+4,871
21,82	−0,287	−0,166	20,95	+1,478	+2,060	3,29	+4,814	+5,002
35,74	−0,377	−0,186	35,84	+1,074	+2,076	16,73	+3,953	+4,891
46,46	−0,432	−0,182	45,33	+0,891	+2,226	28,25	+3,310	+4,896
52,85	−0,476	−0,202	52,69	+0,688	+2,258	36,88	+2,752	+4,788
»	−0,457	−0,162	»	+0,754	+2,395	43,38	+2,439	+4,864
58,08	−0,476	−0,137	58,57	+0,568	+2,346	49,25	+2,168	+4,971
62,15(*)	−0,507(*)	−0,157(*)	63,01	+0,475	+2,510	»	+2,187	+5,008
			66,35(*)	+0,144(*)	+1,847(*)	54,22	+1,853	+4,899
						60,50(*)	+1,574(*)	+5,087(*)

De même que pour la porcelaine sale, l'eau pénètre difficilement dans les

pores du charbon en grains. Il faut attendre assez longtemps pour que l'équilibre entre le solide, l'eau et l'air soit établi. C'est pour cela que, dans le cas du charbon en grains activé, lorsque $p = 52,69$, et pour la porcelaine sale, avec $p = 13,03$, puis $p = 31,46$, on trouve plusieurs valeurs pour χ_m, les mesures ayant été faites après un intervalle de temps de plusieurs heures. Ceci est particulièrement net pour la porcelaine sale : à $p = 31,46$ % d'eau correspond en effet un coefficient d'aimantation du solide qui va de 0,300 à 0,240, en décroissant régulièrement pour atteindre cette dernière valeur différant peu de 0,245, donné par la porcelaine propre.

Il y a lieu d'ajouter, comme nous l'avions déjà signalé ([1]), que le coefficient d'aimantation donné par la porcelaine est son coefficient vrai, alors que pour le charbon actif, même pulvérisé, on obtient le coefficient global du charbon et de l'air adsorbé. D'ailleurs le charbon de noix de Coco non activé est diamagnétique (χ est négatif), alors qu'après activation à la vapeur d'eau et au gaz carbonique il est paramagnétique (χ positif). De plus, un échantillon de charbon actif granulé, de coefficient $10^6\chi = + 2,295$, donne, après pulvérisation à l'abri des traces de fer $10^6\chi = + 3,435$. La surface active s'étant accrue par la pulvérisation, la quantité d'air adsorbée croît également, entraînant la croissance du coefficient d'aimantation global.

Ces dernières remarques sont grosses de conséquences. Elles prouvent que les constantes physiques de l'air inclus dans le charbon sont différentes de celles de l'air ambiant, et qu'il y a entre la porosité de la porcelaine et celle du charbon une différence profonde.

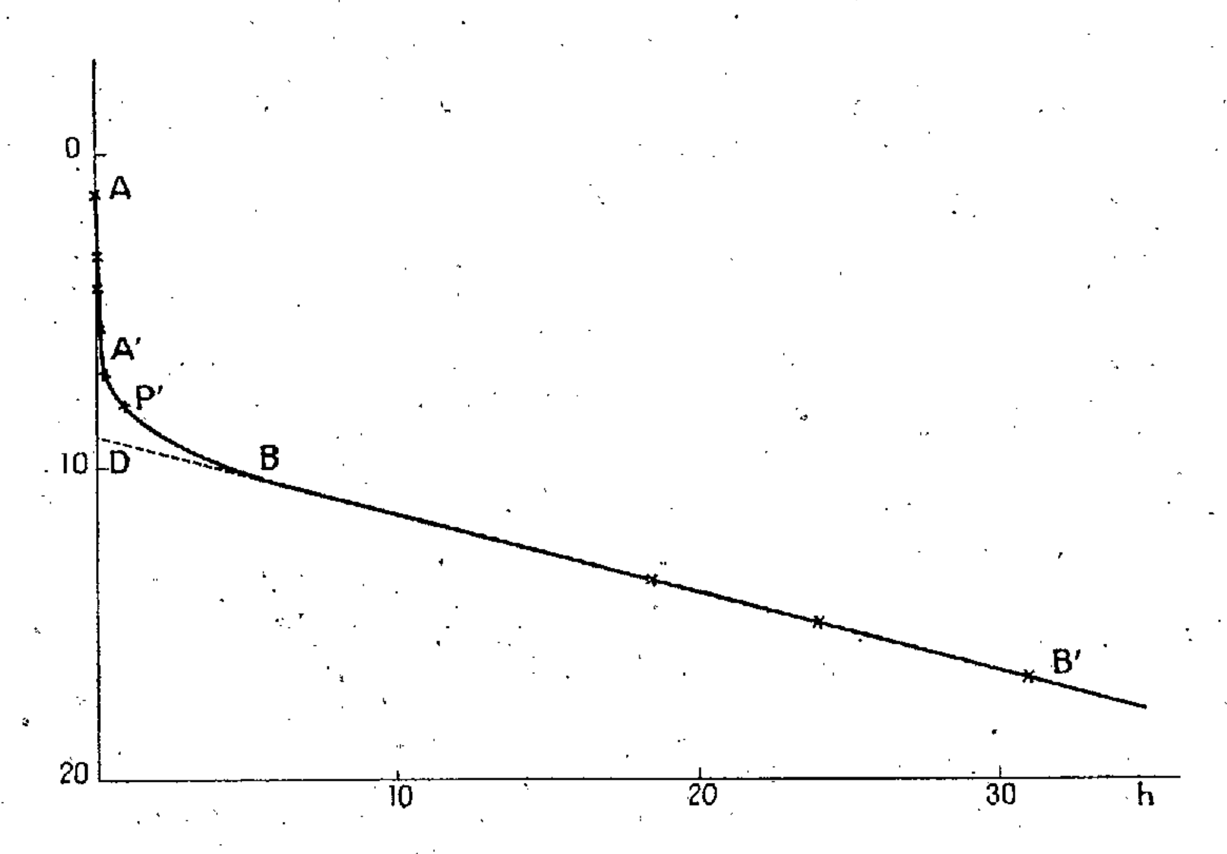
CHIMIE ANALYTIQUE. — *Emploi de la pesée continue pour le dosage de traces d'eau dans l'azotate d'ammonium.* Note ([1]) de M. **Marcel Guichard**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'azotate d'ammonium, qui cristallise anhydre, retient assez énergiquement une très petite quantité d'eau qu'il ne perd pas à froid dans l'air sec, ni dans le vide.

Cette eau, sous forme de solution saturée, peut être interposée entre les cristaux; vers 100° elle se dégage; mais alors l'azotate d'ammonium se décompose lentement en se sublimant. Cette décomposition, qui se fait sans doute, pour une part, en acide azotique et ammoniac, ne doit pas être empêchée par l'existence d'une tension de vapeur d'eau, si bien qu'il nous semble légitime d'admettre qu'à 100° et au-dessus, la décomposition lente de l'azotate peut progresser en même temps que se produit le départ de l'eau en excès.

([1]) Séance du 15 juin 1942.

La pesée continue, telle que je l'ai décrite, permet de suivre aisément la perte de poids en fonction du temps [2]. La figure donne un exemple, à 119°.



La partie AA', chute rapide de poids, représente le départ de l'eau en excès associé à un commencement de décomposition du sel anhydre; la partie BB' se rapporte à la seule décomposition du sel sec, après que toute l'eau libre est partie. Les deux parties de la courbe sont raccordées dans la région P'. La partie BB' est une droite, la décomposition ne portant que sur une petite partie du sel en expérience.

Le dosage de l'eau peut se déduire du diagramme : si l'on prolonge la droite BB' jusqu'à l'ordonnée d'origine. AD représente la perte de poids due à l'eau en excès; c'est la perte de poids totale pour une longue durée (30 heures pour 4^{g}, par exemple), diminuée de ce qui doit être attribué à la décomposition du sel anhydre pour la même durée.

Pour plus d'exactitude, la pesée continue étant faite au-dessus de 100°, ce qui entraîne une petite erreur, il convient de peser la substance en deux points de la droite BB', après l'avoir laissée refroidir. Ces deux pesées donnent, par le calcul, la correction à apporter à la perte de poids totale. Voici un exemple portant sur $4^{g},4011$ à 114° :

	g
Perte totale en 48 heures 20 minutes	0,0148
Décomposition du corps sec par heure (suivant BB')	0,00017
» » » en 48 heures 20 minutes	0,0082
Eau libre 0,0148 — 0,0082	0,0066
» » p. 100 : 0,149.	

La pesée continue permet ainsi de créer de nouvelles méthodes d'analyse; nous pensons en donner ultérieurement d'autres exemples.

---

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 675; *Ann. Chim.*, 9, 1938, p. 323.

MINÉRALOGIE. — *Séparation chimique de radioéléments artificiels dans une lave.* Note (¹) de Mlle **Simonne Caillère** et M. **Jacques Noetzlin**.

Pour une étude sur la radioactivité des laves, entreprise par l'un de nous pour vérifier une théorie nouvelle du volcanisme, nous avons dû extraire certains éléments chimiques d'un échantillon de lave qui avait été soumis à l'irradiation d'une source de neutrons. La matière première était un basalte du Kilauea (²), pesant environ 60g. Une fois réduit en poudre fine, il a été soumis par M. Joliot-Curie au bombardement des neutrons produit par le cyclotron. La poudre, enfermée dans un bloc de paraffine, a été placée pendant une durée de quatre mois dans le voisinage du cyclotron et était donc irradiée chaque fois que cet appareil était mis en marche. Retirée de l'appareil, elle a été portée au Laboratoire de Minéralogie du Muséum où les opérations chimiques ont été commencées aussitôt sous la direction de M. J. Orcel. Le travail chimique a consisté à extraire de la lave irradiée quatre corps dans chacun desquels un élément radioactif devait être recherché. Les mesures de radioactivité nous ont imposé de faire ces préparations dans des conditions déterminées :

1° Certains des produits doivent être obtenus très rapidement, le radio-isotope recherché ayant une période courte : c'est le cas du radiosodium dont la période est de 14,8 heures.

2° Les teneurs en radio-isotopes des éléments isolés étant très faibles, il est indispensable, pour avoir quelques chances de les mettre en évidence, d'opérer sur une masse importante.

3° Pour la même raison, on cherchera à obtenir les éléments sous forme d'une combinaison chimique présentant la plus petite masse moléculaire possible.

Nous avons donc dû adapter à ces exigences les méthodes habituelles d'analyse des silicates afin de préparer le chlorure de sodium, le pyrophosphate de magnésium, l'oxyde de titane et la chaux, et nous avons opéré de la façon suivante. La mise en solution de la lave a été faite en milieu nitrique, après élimination de la silice par le mélange fluonitrique. Tous les métaux ont été précipités, à l'exception des métaux alcalins, par le carbonate d'ammonium, en milieu ammoniacal.

Préparation du chlorure de sodium. — Les nitrates alcalins, débarrassés des sels ammoniacaux, ont été calcinés, puis transformés en perchlorates. Le perchlorate de sodium a été mis en solution dans l'alcool et décomposé en chlorure, par calcination au rouge sombre. L'ensemble de ces opérations a

---

(¹) Séance du 18 mai 1942.

(²) Day et Shepherd, *Bull. Geol. Soc. America*, **24**, 1913, p. 586.

duré 30 heures et a permis de recueillir 0g,90 de NaCl, soit environ les 2/3 du sodium contenu dans la roche.

Préparation du pyrophosphate de magnésium. — Cette préparation a été réalisée à partir de la masse de carbonates obtenue précédemment, reprise par l'acide chlorhydrique. La séparation des métaux alcalinoterreux a été faite en précipitant Fe, Ti, Al, P par l'ammoniaque. Dans ce précipité, l'emploi du cupferron a permis l'obtention de deux fractions, l'une contenant Fe et Ti, l'autre Al et P. Le phosphore a été isolé de cette deuxième par la méthode au phosphomolybdate et pesé en pyrophosphate. Ces dernières opérations ont demandé 5 jours et ont fourni la totalité de P contenu dans la lave, soit 0g,08.

Préparation de TiO^2. — Dans la solution contenant le fer et le titane, ce dernier a été précipité à l'état d'acide métatitanique par l'hyposulfite de sodium en milieu neutre. Cette séparation a dû être répétée trois fois pour obtenir finalement 1g,14 de TiO^2 assez pur.

Préparation de CaO. — Le calcium a été isolé sous forme d'oxalate et purifié des traces de radium qu'il pouvait contenir en entraînant ce dernier élément par le baryum. Les oxalates ont donc été transformés en nitrates auxquels on a ajouté du nitrate de baryum. Les nitrates de baryum et de radium ont alors pu être éliminés en utilisant leur insolubilité dans l'alcool-éther. Le calcium ainsi purifié a été obtenu sous forme de chaux le 13e jour et représente la quantité totale de cet oxyde contenu dans la lave, soit 5g,8.

La préparation de sodium a présenté une activité marquée dont la décroissance a été suivie au compteur de Geiger-Müller, avec une bonne approximation de la période du radiosodium. La séparation chimique d'avec le potassium avait donc été suffisamment poussée pour que la radioactivité à longue période de cet élément ne fût plus sensible pendant ces mesures.

Les préparations de phosphore et de titane ont également été trouvées actives et leur décroissance, notablement plus lente, est suivie actuellement au compteur.

Enfin la préparation de calcium n'a qu'une activité à peine mesurable, qui ne pourra donc pas faire l'objet d'une détermination de période.

PALÉOBOTANIQUE. — *Successions forestières contemporaines du dépôt des lignites quaternaires dans la cluse de Chambéry.* Note de M. **Georges Lemée**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Certains dépôts de lignites quaternaires de la cluse de Chambéry ont fait l'objet d'une étude par la méthode de l'analyse pollinique (1). La même méthode, appliquée à d'autres gisements de cette région, m'a permis de reconstituer une succession forestière plus longue (2).

(1) J. Gourc et F. Bourdier, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 72.

(2) Les séries d'échantillons étudiées ont été recueillies par M. Bourdier, géologue à Annecy.

Le profil le plus complet que j'aie obtenu est celui de la carrière de l'aérodrome du Bourget, sur la rive gauche de la Leysse. Voici l'analyse pollinique d'une des séries verticales étudiées :

	Abies.	*Alnus.*	*Betula.*	*Picea.*	*Pinus.*	*Quercus.*	*Tilia.*	*Corylus.*	*Salix.*
Sommet...	1 %	3 %	8 %	31 %	56,5 %	0,5 %	–	0,5 %	–
	–	2	–	42	55	1	–	–	–
	6	3	–	48	42	1	–	–	–
	6	–	2	54	38	–	–	–	–
	25	13	–	60	2	–	–	5	–
	26	24	5	41	–	1	3	–	–
(Intercalation de $1^m,50$ de sable fluviatile)									
	32	20	5	35	7	1	–	5	5
	12	10	8	20	50	–	–	15	–
Base...	–	–	3	–	97	–	–	1	5

Les *Corylus* et *Salix* sont dénombrés en pourcentage de l'ensemble des autres pollens d'arbres.

Les phases suivantes peuvent être distinguées :

a. Première phase, à pin, avec bouleaux, saules et noisetiers très rares; la forme et les dimensions du pollen de pin concordent avec celles du pollen de *Pinus silvestris* actuel.

b. Seconde phase, à épicéa-sapin-aulne, avec pin, bouleau et saule très rares; apparition du chêne et du tilleul, toujours en pollens isolés; poussée de noisetier au début; la forme et les dimensions des pollens de sapin, d'épicéa et d'aulne correspondent respectivement à celles d'*Abies alba* Mill., de *Picea excelsa* Lk. et d'*Alnus glutinosa* Gærtn. L'intercalation de $1^m,50$ de sable fluviatile au milieu de cette phase oblige à admettre l'existence possible de phases forestières intermédiaires.

c. Troisième phase, à épicéa et pin; le premier, d'abord, dominant polliniquement, régresse régulièrement devant le pin (*P. silvestris*); raréfaction progressive de l'aulne et du sapin; rares pollens de bouleau, noisetier, saule, houx, Éricacées; un seul pollen de hêtre au sommet, sur 1000 grains observés.

Des bois de sapin, épicéa et aulne ont été recueillis dans la couche supérieure.

Un affleurement de la vallée voisine du ruisseau de Chapure (exploitation Gilbert) a fourni un profil moins complet par la base :

1° *Fin de la seconde phase, à épicéa-sapin-aulne*, avec pin et chêne rares;

2° *Troisième phase, à épicéa et pin*, ce dernier toujours subordonné; faibles poussées de chêne, de sapin et d'aulne; noisetier, tilleul et bouleau très rares.

Des bois de pin et d'aulne ont été recueillis dans cette exploitation.

Un affleurement très mince, en aval du précédent dans la même vallée, montre une silve à sapin dominant (49 %), épicéa subordonné (28 %), pin, aulne, bouleau et chêne rares. La position chronologique de cette couche dans la série décrite plus haut ne peut être établie.

Tous ces dépôts sont des tourbes de marais boisé et plus ou moins inondé; elles sont riches en bois, Cypéracées, Filicales (spores des types *Athyrium* et *Polypodium*), Mousses. Les éléments minéraux sont en proportion très variable. L'humidification est avancée et les pollens souvent corrodés et déchiquetés.

Le gisement de Sonnaz, analysé par J. Gourc (*loc. cit.*), paraît contemporain de la fin de la seconde phase et de la troisième phase décrites plus haut.

Cette succession forestière concorde bien avec ce que l'on connaît de l'interglaciaire Riss-Würme en Europe moyenne. Le profil pollinique établi par F. Firbas ([3]) dans les charbons feuilletés de Schladming sur l'Enns, en Autriche, présente un remarquable parallélisme avec les nôtres, bien qu'il présente une série moins complète. Notre première phase à pin correspondrait à un climat encore froid; la végétation de notre deuxième phase, la plus riche en essences forestières et sans qu'aucune soit nettement dominante, indique un climat humide et plus chaud, de caractère océanique; après cet optimum, la raréfaction du sapin et de l'aulne glutineux, la recrudescence du pin silvestre, permettent de supposer un desséchement du climat, peut-être associé à un refroidissement.

L'âge des dépôts quaternaires dans lesquels s'intercalent les lignites des environs de Chambéry est très discuté. Des trois hypothèses qui ont été avancées, celle d'un âge interglaciaire Riss-Würm, soutenue par Gignoux et Bourdier, explique le mieux la succession forestière observée. Celle-ci présente un parallélisme certain avec les successions décrites dans des formations datant incontestablement du dernier interglaciaire. En outre, la présence d'une silve variée, avec chêne et tilleul, auxquels il faut joindre le buis, signalé par Songeon, est difficilement compatible avec les hypothèses d'un dépôt interstadiaire würmien-néowürmien ou d'une formation d'obturation latérale par le glacier finiwürmien.

BOTANIQUE. — *Sur la zygomorphie florale de quelques espèces de* Rinorea. Note ([1]) de M. **Claude Arnal**, présentée par M. Auguste Chevalier.

On admet très généralement ([2]) que les fleurs régulières sont plus primitives que les fleurs zygomorphes et que, quand la zygomorphie apparaît dans une série évolutive, elle touche d'abord la corolle et l'androcée; ce n'est que dans les fleurs très zygomorphes que le calice et en dernier lieu le pistil sont atteints

([3]) *Beih. Bot. Centralbl.*, 41, 1925, p. 295.

([1]) Séance du 4 mai 1942.

([2]) Cf. Velenovsky, *Vergleichende Morphologie der Pflanzen*, 111, 1912, p. 897.

par la zygomorphie. Dans la famille des Violacées, on trouve des types réguliers (*Rinorea*) et des types zygomorphes (*Viola*). Nous avons montré dans une précédente Note sur les *Rinorea* (3) que, à côté d'espèces parfaitement actinomorphes dans toutes leurs parties, telles que *R. physiphora* (Mart.), il existait une espèce, *R. guianensis* (Aubl.), où les trois ovules n'étaient pas semblables et déterminaient ainsi un plan de symétrie unique antéro-postérieur dans le gynécée de cette fleur. L'étude de quelques autres espèces de *Rinorea* effectuée sur des échantillons que M. Chevalier a bien voulu nous confier, nous a montré que cette structure zygomorphe du gynécée n'était pas un fait isolé.

Dans les trois espèces étudiées, *R. ilicifolia* (Welw.), O. Ktze., *R. rubro-tincta* Chipp et *R. Eliotii* Engler, les trois placentas pariétaux portent des ovules tous semblables; la paroi ovarienne elle-même est parcourue par trois nervures placentaires égales, terminées au sommet de l'ovaire, et par trois nervures médianes carpellaires semblables entre elles. Ces trois derniers cordons seuls pénètrent dans le style. La structure de l'ovaire est donc parfaitement actinomorphe dans ces trois *Rinorea*.

C'est le style seul qui montre une disposition zygomorphe. En effet, chez *R. ilicifolia*, les deux nervures postérieures restent simples jusqu'au niveau du stigmate, alors que la nervure antérieure est trifurquée vers le milieu de la longueur du style, de telle sorte que la moitié supérieure de ce style est parcourue par cinq nervures, deux latéro-postérieures et trois antérieures. Ces cinq nervures se terminent au même niveau à la base du stigmate.

Chez *R. rubro-tincta*, dès la base du style, on peut remarquer une différence de taille entre les trois cordons stylaires, l'antérieur étant nettement plus gros que les deux autres. Vers le sommet du style, les deux cordons latéro-postérieurs s'éteignent les premiers sans se ramifier, le faisceau antérieur au contraire subit une dichotomie à son sommet et ses deux branches ne se terminent que dans le stigmate. Cette espèce possède par ailleurs un androcée zygomorphe, le tube staminal montrant à son sommet deux petits lobes postérieurs et deux grands lobes antérieurs.

Chez *R. Eliotii* enfin, la zygomorphie du style est encore plus accentuée par le fait que les deux nervures postérieures se terminent dès la base du style; l'antérieure seule le parcourt de bout en bout sans ramification pour se terminer au niveau du stigmate, où elle se renfle en une masse ovoïde formée de trachéides courtes entrelacées les unes aux autres. Cette dissymétrie dans la nervation retentit sur la forme du stigmate dont la face antérieure est épaisse et charnue autour de la nervure, alors que le bord postérieur reste membraneux.

On voit donc que, dans quelques espèces de *Rinorea* tout au moins, la régu-

(3) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1162.

larité de la fleur n'est qu'apparente. En réalité, il y a une zygomorphie n'intéressant que le gynécée et qui se traduit soit par la position des ovules, soit par la structure du style. Par suite, il semble que la famille des Violacées, et plus particulièrement le genre *Rinorea*, constitue une exception à la règle, que l'on considère comme normale, d'apparition de la zygomorphie. Dans cette famille en effet, la zygomorphie apparaît en premier lieu dans le gynécée, et plus spécialement dans le style et le stigmate, de telle sorte que, dans des espèces considérées à juste titre comme primitives, en particulier à cause de la régularité de leurs fleurs, le gynécée peut déjà présenter la structure anatomique zygomorphe des genres plus évolués tels que les *Viola*.

BIOLOGIE FLORALE. — *Différences de chimisme dans les fleurs de divers types de Renonculacées.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La diversité des types réunis dans la famille des Renonculacées se retrouve dans leur chimisme, et divers auteurs ont mis en évidence depuis longtemps des alcaloïdes souvent différents suivant les genres. Nous avons aussi précédemment noté des différences importantes dans la composition des pollens de diverses tribus (1). Nos expériences actuelles portent sur le métabolisme comparé des organes floraux chez cette famille où la structure, le développement successif des pièces, l'ensemble de la biologie accusent l'hétérogénéité.

Nous avons mesuré la teneur en corps oxydo-réducteurs existant dans chaque partie de la fleur à un moment donné de son développement. Les méthodes employées correspondent à la détermination de l'acide ascorbique, soit à l'aide du 2.6-dichlorophénol indophénol (méthode de Tillmans modifiée par A. Sosa), soit à l'aide du bleu de méthylène (méthode de Martini et Bonsignore modifiée par Mentzer). Nous devons noter des différences entre les résultats de ces deux méthodes dans un certain nombre de plantes; quelles qu'en soient les causes encore indéterminées, elles accusent par le fait même qu'elles ne sont pas constantes suivant les espèces, des divergences relatives à la constitution. Les résultats seront exprimés suivant la première méthode et pour 100g de matière fraîche. Nous avons déterminé d'autre part (2) la valeur du pouvoir oxydant d'un poids donné de matière fraîche, sur un volume connu de solution titrée d'acide ascorbique. Les fleurs (3) sont analysées au début et à la fin de la floraison. Le cycle de développement des plantes se

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 586.
(2) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 88, 1941, p. 660.
(3) Echantillons frais obtenus de M. Guinet, du Jardin des Plantes de Paris.

déroule parfois à des époques différentes de l'année, ce qui influe sur la valeur absolue des résultats. Tenant compte d'une façon générale des fluctuations, nous avons constaté que diverses espèces de Renonculacées présentent, pour un même organe prélevé dans les mêmes conditions, des teneurs très différentes en acide ascorbique, pouvant aller de 1^{mg} à 500^{mg} pour 100^{g} de substance fraîche (feuilles). Ces variations existent aussi pour les fleurs, mais la teneur de ces dernières n'apparaît pas en fonction directe de celle des feuilles. En effet, chez une Ancolie, j'ai trouvé 520^{mg} pour une feuille de la base de l'inflorescence, les fleurs contenant 80^{mg} environ; chez *Caltha palustris*, 30^{mg} dans les feuilles et 168^{mg} dans les fleurs. A côté de ces extrêmes, il existe de nombreuses transitions.

Examinant d'autre part les diverses pièces florales, nous trouvons, par exemple, chez *Nigella arvensis :* étamines 204^{mg}, ovaires 404^{mg}, pièces pétaloïdes 366^{mg}; chez *Caltha palustris :* étamines 223^{mg}, ovaires 10^{mg}, pièces pétaloïdes 157^{mg}. Les fleurs ont été prélevées dans un état de développement correspondant à la maturité des étamines avant la libération du pollen. Le rapport entre la teneur des ovaires et celle des étamines est alors de 1,98 pour la première espèce et de 0,04 pour la deuxième. A côté de ces chiffres on trouve une série de valeurs parfois très différentes suivant les types examinés. En particulier, ce rapport est supérieur à 1 chez *Eranthis hiemalis* (2,6), *Adonis autumnalis* (2,3), *Nigella arvensis* (1,98); il est voisin de 1 pour quelques Ancolies, et pour *Aconitum Anthora*, il varie de 0,09 à 0,5 suivant les espèces d'Anémones (*A. dichotoma* 0,1, *A. pulsatilla* 0,3, *A. nemorosa* 0,5). Certaines Clématites étant très pauvres en acide ascorbique, le rapport n'a pas toujours pu être étudié : *Clematis recta* donne de 0,1 à 0,26, *Adonis vernalis* 0,32, *Delphinium* de 0,6 à 0,08, *Helleborus fœtidus* 0,56, *Ranunculus platanoïdes* 0,06, *R. lanuginosus* 0,05, *Trollius europeus* 0,06, *T. sinensis* 0,05.

Le pouvoir oxydant des organes floraux vis-à-vis de l'acide ascorbique est aussi très variable d'une espèce à l'autre. C'est ainsi qu'en faisant agir pendant 10 minutes un poids déterminé d'ovaires broyés en présence d'un volume connu de solution d'acide ascorbique titré (500^{g} dans 1^{cm^3}), on aboutit à une oxydation appréciable mais non totale en employant les proportions suivantes : $1^{g}/30^{cm^3}$ pour *Delphinium Requieni*, $1^{g}/20^{cm^3}$ pour *Ranunculus lanuginosus*, $1^{g}/15^{cm^3}$ pour *Anemone dichotoma*, $1^{g}/12^{cm^3}$ pour *Nigella arvensis*. D'autre part, si l'on compare les activités du gynécée et de l'androcée, dans le cas de *Delphinium*, 82 % de l'acide est oxydé en employant 1^{g} d'ovaires pour 30^{cm^3} de solution; il n'y a aucune action appréciable dans ces conditions pour les étamines; en employant $1^{g}/15^{cm^3}$ l'oxydation est de 23 %. Chez *Nigella arvensis* 19 % est oxydé (ovaires) contre 16 % (étamines); chez *Anemone dichotoma* 80 % (ovaires) contre 67 % (étamines); résultats montrant la variabilité des rapports entre gynécée et androcée. D'autre part ce pouvoir oxydant ne paraît pas lié à la teneur en acide ascorbique, je trouve un rapport de 0,11 entre les pouvoirs

oxydants des ovaires et des étamines et de 1,2 entre les teneurs en corps oxydo-réducteur des mêmes organes chez *Anemone dichotoma*, on a respectivement 1,1 et 1,98 chez *Nigella arvensis*; enfin pour *Delphinium Requieni*, le rapport est inversé avec des écarts très importants.

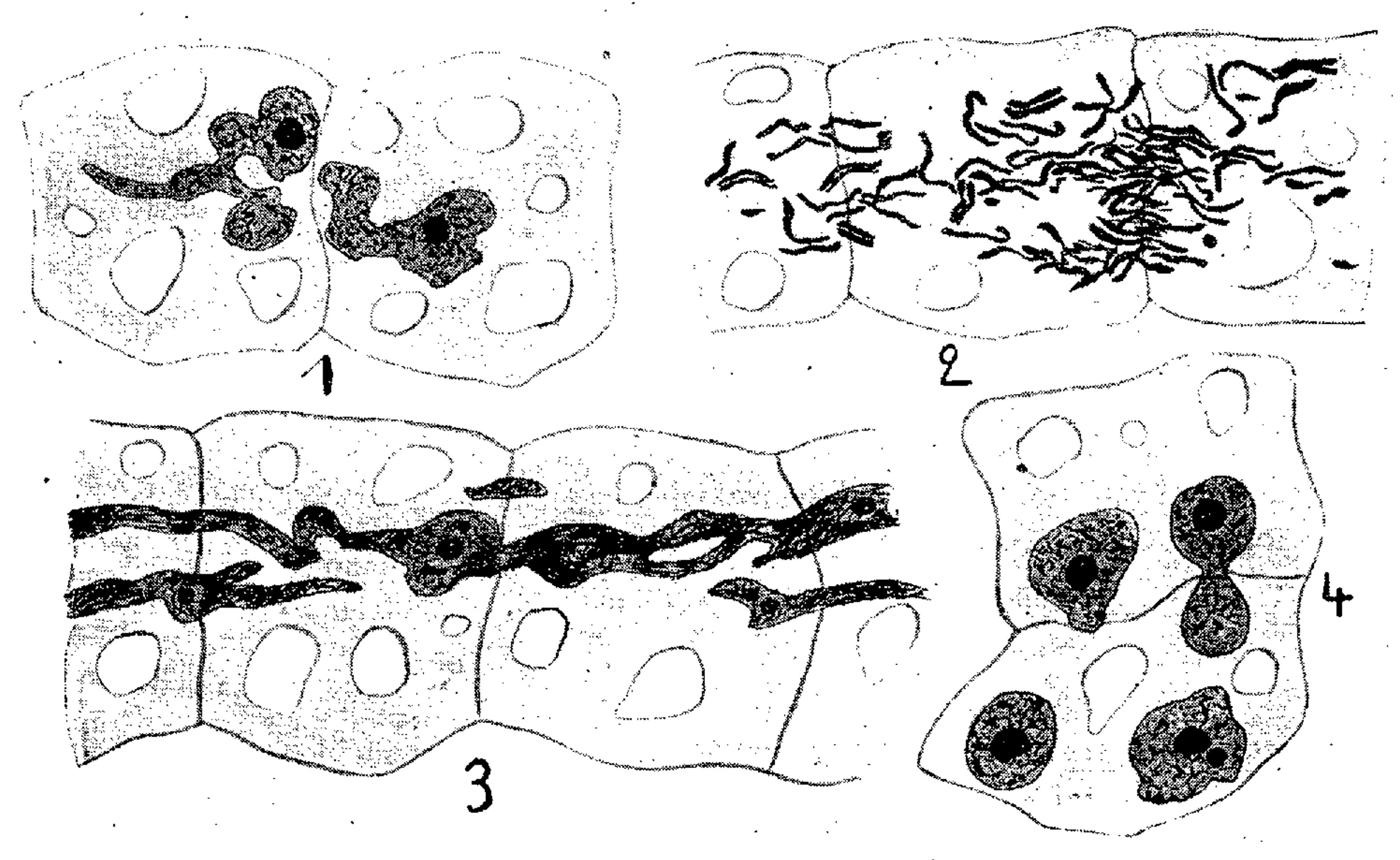
En plus des variations constatées par divers auteurs dans la teneur en acide ascorbique (variable avec le milieu, la croissance, la fonction), les Renonculacées donnent une gamme très étendue et irrégulière dans la comparaison des espèces; ici le rapport entre les teneurs des feuilles et des fleurs, des ovaires et des étamines indique des compositions très divergentes. Les écarts trouvés chez les Renonculacées sont beaucoup plus importants que ceux trouvés dans des familles plus homogènes dont nous poursuivons l'étude.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière des Papavéracées.* Note de Mlle **Marcelle Jouvenel-Marcillac**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

On sait depuis longtemps que certaines cellules animales, par exemple les leucocytes, sont capables de traverser la paroi des capillaires, et d'émigrer ainsi au sein des tissus. Cette migration de cellules entières, à laquelle les biologistes ont donné le nom de diapédèse, ne peut se manifester que pour des éléments dépourvus de membrane rigide, et ne se rencontre donc que chez les animaux. Mais cette diapédèse peut n'affecter que certaines parties de la cellule, le noyau par exemple, qui peut, dans certains cas, quitter la cellule à laquelle il appartient et passer dans un autre élément. Cette diapédèse existe non seulement chez les animaux, mais aussi chez les végétaux, où elle est peu fréquente. La cytologie de l'assise nourricière, située au voisinage direct des cellules-mères des grains de pollen, a donné déjà lieu à de nombreuses recherches; cependant, aucun des auteurs ayant étudié son noyau n'a signalé les phénomènes assez particuliers de diapédèse nucléaire qu'il nous a été donné d'observer chez plusieurs espèces de Papavéracées.

Nos observations ont été réalisées sur des coupes de boutons floraux, fixés au Helly et au Navachine, et colorées suivant la méthode de Feulgen. Lorsque les noyaux des cellules-mères sont au stade synizésis, les noyaux des cellules nourricières entrent eux-mêmes en division. C'est pendant ces mitoses, qui présentent des phénomènes aberrants, que nous avons observé les migrations de noyaux, que nous allons décrire chez *Glaucium corniculatum*. Au moment où le noyau entre en mitose, il quitte sa position centrale et se place contre la membrane pectocellulosique, qui sépare deux cellules voisines. Pendant la prophase, le noyau se déforme, il devient amiboïde et lobé (*fig.* 1); la formation des chromosomes à partir du réseau chromatique, ne présente aucune anomalie; à la fin de la prophase la membrane disparaît, mais il ne se forme

pas de fuseau, si bien que les chromosomes s'éparpillent dans le cytoplasme au lieu de se grouper pour constituer la plaque équatoriale; ils émigrent ainsi dans les cellules voisines au travers des plasmodesmes de la paroi semble-t-il (*fig.* 2); par la suite, ils se mélangent avec les chromosomes des cellules



Diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière de *Glaucium corniculatum*.
1, prophase; 2, métaphase; 3, cordons téléphasiques; 4, mégradien de noyaux quiescents

voisines, très enchevêtrés les uns les autres, ils constituent à la télophase des cordons irréguliers qui s'étendent sur plusieurs cellules et qui présentent un aspect très différent de celui des noyaux normaux : ils ont un réseau chromatique grossier et dense avec quelques nucléoles (*fig.* 3). La mitose très particulière, qui accompagne la migration des chromosomes, peut être comparée, dans une certaine mesure, à la stathmocinèse provoquée par la colchicine.

Nous avons retrouvé des phénomènes semblables dans les espèces *Eschcholtzia california*, *Bocconia frutescens*, *Chelidonium majus*, *Papaver alpinum*, *Papaver lateritium*, *Papaver maritime*, *Papaver rupifragum*, *Meconopsis cambrica*, *Meconopsis Pratii*, *Rœmeria violacea et Argemone mexicana*.

Nous avons également pu mettre en évidence des phénomènes de diapédèse affectant des noyaux quiescents. Dans ce cas le noyau qui devient piriforme s'accole contre la paroi qu'il va traverser : la membrane s'incurve, comme si elle était soumise à une poussée de la part du noyau, puis au point de contact elle semble se résorber pour lui livrer passage. Cette migration peut être totale ou partielle, le noyau conservant toujours une structure réticulée normale (*fig.* 4). Mais dans le premier cas, le noyau après la diapédèse a une forme amiboïde; dans le deuxième cas il prend une forme en haltère, la partie rétrécie correspondant à la région immobilisée entre les deux cellules. Il nous

a été possible d'observer des cas analogues de diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière des Crucifères. Mais dans cette famille les migrations de noyaux sont très rares; nous les avons vues chez *Crambe maritime*, *Lepidium sativum*, *Nasturtium amphibium* et *Thlaspi arvense*.

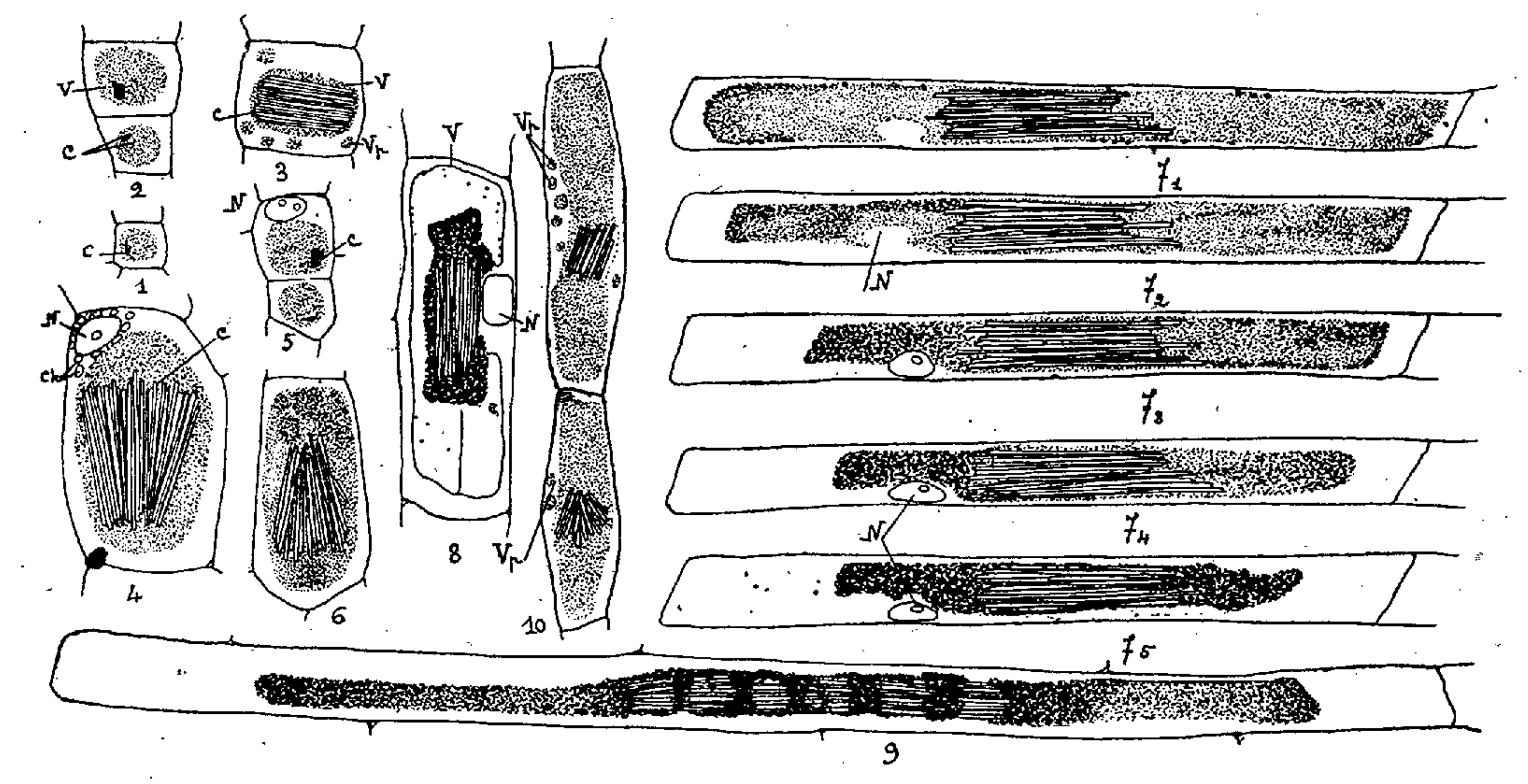
En résumé, la diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière des Papavéracées est un phénomène très fréquent, bien que n'ayant jamais été décrit et qui peut s'opérer sur des noyaux quiescents ou bien encore se manifester à l'occasion des mitoses, qui accompagnent celles des cellules-mères des grains de pollen. Cette diapédèse provoque alors des mitoses anormales, semblables à la stathmocinèse. Les conditions dans lesquelles nous avons opéré nous permettent d'affirmer que les figures observées ne résultent pas d'un artefact; il y a tout lieu de supposer néanmoins qu'elles correspondent à un état pathologique de l'assise nourricière.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les vacuoles des cellules à raphides.* Note de M[me] **Germaine Hurel-Py**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les cristaux d'oxalate de calcium en raphides prennent naissance dans les vacuoles de cellules particulières appelées cellules à raphides. Or toutes les études entreprises jusqu'à présent sur ces cellules ont porté sur du matériel fixé dans lequel, par conséquent, la vacuole avait subi de profondes modifications. Seule, pourtant, l'observation vitale et surtout l'usage des colorants vitaux pouvaient permettre une étude précise de la constitution de ces cellules, et c'est pourquoi, au cours d'une étude cytologique générale sur les cellules à raphides, nous nous sommes efforcée d'obtenir la coloration vitale de leurs vacuoles, ce qui est, dans beaucoup de cas, très difficile à réaliser.

En examinant l'extrémité en voie de croissance d'une racine de *Vanilla planifolia* (1, 2, 3, 4) ou de *Hyacinthus orientalis* (5) colorée par le rouge neutre, on observe, dans le méristème, des cellules légèrement plus volumineuses renfermant une ou deux très petites aiguilles : ce sont les jeunes cellules à raphides. En s'éloignant du pôle végétatif, on constate que ces cellules sont plus grosses et plus allongées, et l'on aperçoit bientôt, outre la vacuole centrale, dans laquelle les cristaux sont plus grands et plus nombreux, de nouvelles vacuoles, petites, situées dans le cytoplasme périphérique. Ces nouvelles vacuoles, qui se colorent d'une façon homogène par les colorants vitaux, contiennent des substances sidérophiles, ainsi qu'on le constate sur les coupes colorées par l'hématoxyline. En observant des cellules à raphides de plus en plus âgées, on constate que certaines de celles-ci demeurent toujours individualisées, tandis que d'autres s'unissent avec celles situées immédiatement au-dessus et au-dessous d'elles pour donner des tubes renfermant de nombreux paquets de raphides. A partir de ce moment, les vacuoles des cellules à raphides varient de comportement avec les colorants vitaux suivant les espèces étudiées.

Dans les racines de Jacinthe (6, 7, 8) de Scille (9), on voit apparaître un phénomène de contraction vacuolaire appelé synérèse ([1]) dont les différents aspects sont les suivants : au début de la coloration vitale, la vacuole est uniformément teintée en rose, puis bientôt des parties se colorent plus intensément, formant comme des flocons au sein du colloïde vacuolaire ce qui correspond



Cellules à raphides colorées vitalement par le rouge neutre.
1, 2, 3, 4, dans *Vanilla planifolia*; 5, 6, 7. 8, dans *Hyacinthus orientalis*; (5, très jeunes cellules à raphides; 6, début de synérèse; 7_1, 7_2, 7_3, 7_4, différents aspects d'une même cellule pendant le phénomène de synérèse; 8, cellule dans laquelle on distingue la limite de la vacuole); 9, dans la Scille : long tube à raphides présentant le phénomène de synérèse; on ne distingue pas la limite de la vacuole; 10, dans *Asparagus verticillatus*. V, vacuole contenant les raphides; V_p, vacuoles pariétales; C, cristaux d'oxalate de calcium; N, noyau; Ch, chloroplastes.

certainement au début de sa floculation (6). En effet, immédiatement après, toute la vacuole est occupée par de très petits grains rouges, plus nombreux aux deux extrémités de la cellule. Ces grains deviennent de plus en plus abondants, en même temps qu'on constate une rétraction de la masse totale du précipité. Cette rétraction est surtout visible aux deux pôles de la longue cellule. Elle est d'abord lente et à peine distincte ($7^{1,2}$) puis, brusquement, elle se produit très rapidement ($7^{3,4,5}$) et tous les précipités s'accumulent aux deux extrémités des aiguilles d'oxalate de calcium (8). Le reste de la vacuole est alors complètement décoloré, sauf quelques rares petits précipités rouges. La limite de la vacuole se distingue parfois comme une mince ligne incolore. La synérèse s'observe aussi par le bleu de crésyle. Les colorations obtenues avant la synérèse sont d'un bleu franc. Le suc vacuolaire précipité est coloré en bleu légèrement violacé.

Chez *Vanilla planifolia*, *Phalenopsis*, *Asparagus verticillatus* (10), *Aspho-*

([1]) Weber, *Protoplasma*, 22, 1934, pp. 4-16.

delus fistulosus, on ne constate jamais de synérèse. La coloration vitale qui débute par l'apparition de précipités vacuolaires devient uniforme et le demeure. Par les bleus de crésyle et de Nil, la coloration est bleu franc, sans tendance à la métachromasie. Cependant la présence d'un mucilage intra-vacuolaire est admise dans les cellules à raphides. Or, les vacuoles renfermant des mucilages ne donnent généralement pas de petits précipités vacuolaires et sont métachromatiques, cette propriété étant liée à leur constitution chimique (²). Nous avons essayé de vérifier la présence d'un mucilage intra-vacuolaire, au moyen des colorants spécifiques de ces substances appliqués sur du matériel fixé. Dans ce cas toutes les vacuoles des cellules à raphides se colorent par le rouge de ruthénium, le bleu coton etc. Mais on sait (³) le peu de spécificité des colorants des mucilages. De plus, sur des coupes à congélation d'organes frais, on ne retrouve pas ces colorations.

Nous avons donc supposé que le prétendu mucilage décrit pourrait bien appartenir à un autre groupe chimique, mais les réactions des protéides et des lipides réalisées sur le suc vacuolaire des cellules à raphides de *Vanilla* ont été négatives. Il faut donc en conclure que le contenu des vacuoles des cellules à raphides doit être un mucilage particulier qui ne possède aucune des propriétés des mucilages de membranes. De plus, on peut affirmer que, par l'observation vitale, le suc vacuolaire entourant les cristaux est, dans les espèces étudiées, absolument homogène. On n'y distingue ni les cordons protoplasmiques, ni les utricules décrits par divers auteurs, et, si, après fixation, on retrouve parfois ces différents aspects, il faut les considérer comme des figures de coagulation du suc vacuolaire dues à la fixation.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Sur un Lupin pouvant entrer dans la préparation des succédanés du Blé.* Note [1] de M. **Albert Guillaume**, présentée par M. Auguste Chevalier.

De même que pour le Café, pour le Blé on nomme succédané de cette céréale un mélange dans lequel entre une certaine proportion de Blé; par contre, on appelle produit de remplacement du Blé un mélange de produits dans lequel n'entre pas de Blé.

Ceci étant acquis, on pourrait utiliser sous certaines conditions, parmi les produits dans le mélange des succédanés du Blé, pour la fabrication du pain, la farine provenant de la graine de Lupin. La culture du Lupin blanc, *Lupinus albus* bien connus des Romains, est peu développée dans notre pays et sert surtout comme engrais vert; elle pourrait l'être davantage pour graines que l'on utiliserait à la fois dans l'alimentation humaine et dans celle des animaux domestiques.

(²) Lison, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, pp. 821-824.
(³) G. Hurel-Py, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, pp. 1622-1624.

(¹) Séance du 4 mai 1942.

Dans une étude sur la composition chimique de la graine de Lupin blanc que nous avons faite en 1939, nous avons trouvé les résultats suivants % :

Glucides	2,2	Acidité	0,08
Protides	38,18	Matières solubles	22,8
Lipides	8,12	Matières insolubles	77,8
Matières minérales	4,5	Phosphates en P_2O_5	0,82
		Alcaloïdes ([2])	1,52

L'huile, que nous avons extraite à l'aide d'un solvant et dont nous avons établi les principales constantes physicochimiques, est très colorée, d'odeur forte, de saveur peu agréable, non siccative, à indice d'iode élevé ; elle pourrait être utilisée en savonnerie et peut-être en parasitologie agricole comme insecticide.

Le tourteau, par blutage, donne une farine très riche en aleurone et par suite très nutritive, mais ne renfermant que des traces d'amidon ; donc non panifiable. De plus il contient certains principes toxiques, qui existent également dans la partie végétative de la plante et ont provoqué, en Allemagne, il y a environ 70 ans, des ravages considérables dans les troupeaux de moutons (maladie dite de la lupinose en Poméranie, 1880) dont la cause est encore mal connue.

Deux méthodes s'offrent à nous pour éliminer ces produits amers alcaloïdiques indésirables des graines : 1° la *détoxication* de la graine ou du tourteau, étudiée particulièrement en Allemagne dès avant la guerre de 1914 et depuis, à l'aide de procédés permettant d'enlever, rapidement et sans frais élevés, l'amertume et les principes toxiques et d'obtenir des graines renfermant au maximum 0,10 % d'alcaloïdes. De nombreux brevets ont été pris : macération dans l'eau froide ou bouillante, acidulée ou alcalinisée ; emploi d'eau à 70° max. pour ne pas coaguler l'albumine, séchage artificiel de la récolte, traitement par la vapeur d'eau sous pression par les solvants etc. ; 2° la *sélection génétique*, visant à obtenir naturellement des plantes dépourvues au moins en partie d'alcaloïdes (environ 0,05 %) et auxquelles on a donné le nom de *lupins doux*, c'est-à-dire privés de l'amertume des lupins ordinaires : des travaux très poussés ont été effectués dans ce sens depuis 1926 en Allemagne, et, dans notre pays et avec succès, il y a quelques années par Em. Miège au Maroc.

Peut-être arrivera-t-on, dans un avenir prochain, à obtenir par sélection suffisamment de graines de Lupin pour la culture en grand ; mais, actuellement, il faut encore utiliser l'un des procédés de désintoxication pour obtenir en quantités appréciables des graines de Lupin inoffensives.

Ce sont des graines ainsi traitées qui ont servi, lors de la grande guerre, à fabriquer en Allemagne du pain avec des farines de Lupin et de Blé. En 1921, nous avons fait préparer à Rouen un pain de Lupin avec de la farine de Lupin blanc, détoxiquée au préalable avec de l'eau chlorhydrique et mélangée dans

([2]) Constituées en partie par de la lupanine, de la lupinine et de la lupinidine identifiée à la spartéine.

la proportion de 1/5, à la farine de Blé. Un pain de 1^{kg} a été ainsi obtenu par un boulanger de la ville : il avait bonne apparence; sa section était blanchâtre, sans odeur ni saveur désagréables : 500^{g} ont été employés à faire de la pâtée pour une jeune chienne, qui n'a pas été incommodée par l'absorption; le reste a été absorbé sans inconvénient par nous.

Étant donnée la richesse en matières protéiques de la farine de Lupin (environ 40 %) et compte tenu de la perte en ces produits lors de la détoxication, cette farine par mélange 1/5 à la farine de blé pourrait permettre d'obtenir un succédané du Blé qui rendrait de grands services actuellement, alors que notre stock de Blé est déficitaire et que le pain menace de disparaître de nos tables durant quelques semaines. Le pain de Froment-Lupin, non seulement aurait une teneur en matières azotées plus élevée que le pain ordinaire, près du double, mais de plus (et c'est un point d'importance capitale pour le moment) il permettrait d'économiser environ 1/5 de notre farine de Blé. Il serait nécessaire, évidemment, de faire des essais préalables avant d'envisager la fabrication en grand.

D'autre part la culture du Lupin blanc pour graines devrait être intensifiée dans notre pays, notamment en bordure de la Méditerranée et de l'Océan, dans le Massif Central et dans notre domaine africain, ainsi que nous l'avions demandé dès 1939 et dans notre rapport de juillet 1940 sur *la question du Lupin*, adressé à M. le Ministre de l'Agriculture.

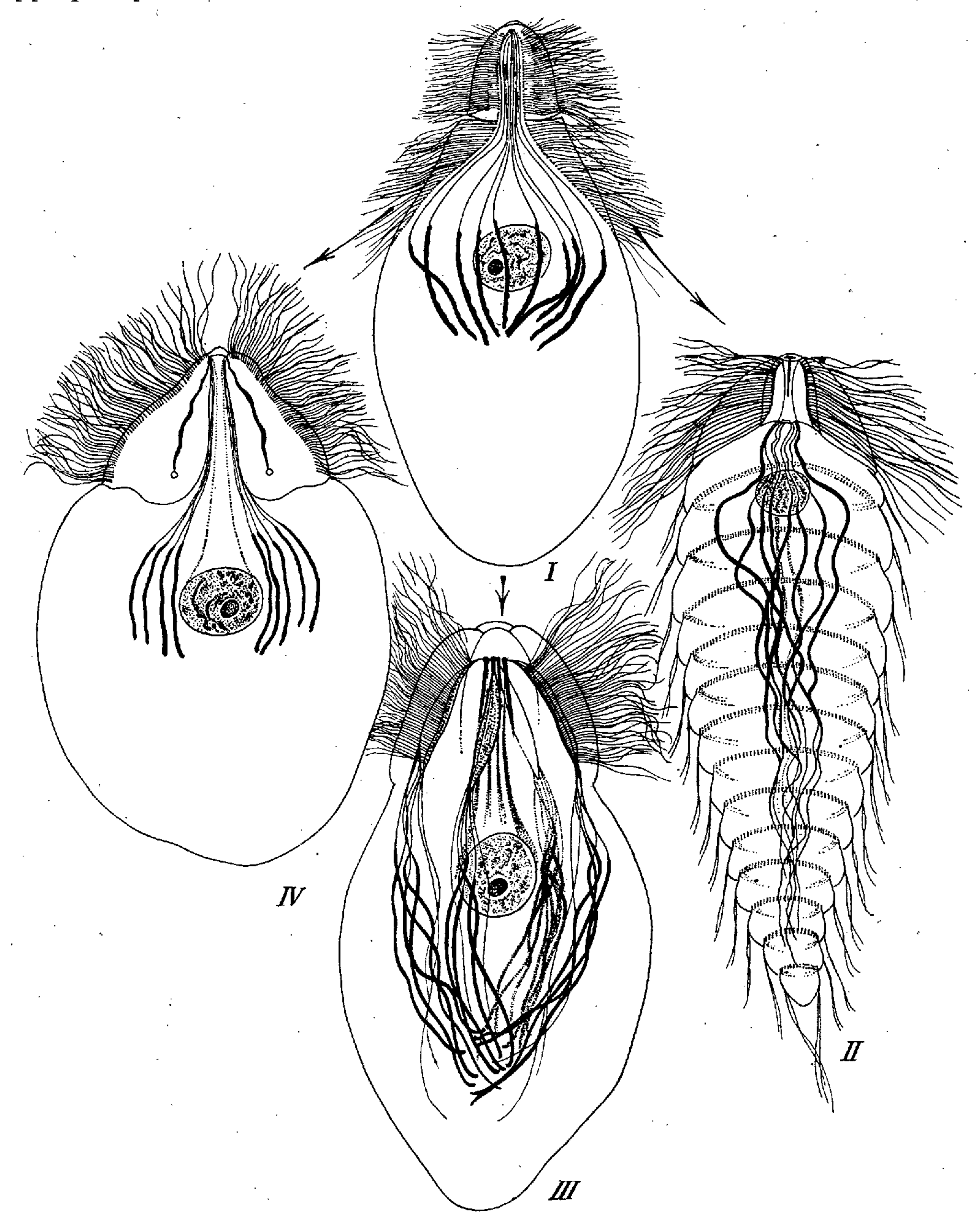
Plante peu exigeante, très facile à cultiver sous climat chaud et sec, même en terrain pauvre mais sablonneux, non calcaire, enrichissant le sol en azote par ses nodosités, le Lupin blanc fournirait ainsi une graine (pesant $65\text{-}70^{kg}$ à l'hectolitre; 100^{g} renferment environ 340 graines; ensemencement 60^{kg} à l'hectare), dont la farine, privée d'amertume, servirait dans l'*alimentation humaine*, en plus de la fabrication du pain, à confectionner des mélanges pour potages, pour gâteaux, avec d'autres farines de légumineuses; à enrichir certains mets en albumine, très digestibles et à les rendre très nourrissants; dans l'*alimentation du bétail*, ces mêmes graines pourraient être utilisées en bouillies ou mélangées à des substances pauvres en azote, mais riches en glucides : exemples, fourrages mélassés.

PROTISTOLOGIE. — *Les affinités et l'évolution des Trichonymphines.* Note de MM. **Pierre-P. Grassé** et **André Hollande**, présentée par M. Maurice Caullery.

Parmi les Hypermastigines, Flagellés symbiotes des Termites et des Blattes, les familles des *Trichonymphidæ*, *Eucomonymphidæ*, *Teranymphidæ*, *Hoplonymphidæ* et *Staurojoeninidæ* forment, selon nous, un ensemble très homogène, qui gravite autour du genre *Trichonympha*. Les véritables affinités de ces formes complexes n'ont pas été comprises correctement jusqu'ici.

Dans *Trichonympha* l'unique centrosome, en forme de clou, détermine l'axe de l'animal dont il occupe le sommet; de ce centrosome partent de

nombreux filaments, équidistants, dirigés selon les génératrices d'un cône et appliqués plus ou moins exactement contre les lignes flagellaires. Les para-



1. *Trichonympha*; 2. *Teranympha*; 3. *Staurojœnina*; 4. *Barbulanympha*.

basaux pendent aux extrémités de certains filaments. L'area flagellaire est faite de lamelles parallèles et contiguës; elle couvre, comme d'un mantelet, le tiers antérieur du corps. Cette area est subdivisée transversalement par une articulation (cytarthrose) en deux régions, l'une, antérieure rostrale; l'autre post-rostrale.

A partir du genre *Trichonympha* divergent quatre rayons évolutifs :

1° *Rayon des* Trichonymphidæ, caractérisé par une area flagellaire continue, s'étendant plus ou moins vers l'arrière et sous laquelle les filaments se répartissent uniformément. Il comprend le genre *Trichonympha* lui-même et les genres *Deltotrichonympha* à area flagellaire longue, mais laissant encore une zone postérieure dénudée; *Pseudotrichonympha* à corps entièrement recouvert de flagelles; *Eucomonympha*, qui ne diffère guère de *Pseudotrichonympha* que par son rostre très large et dont Cleveland (¹) a fait le type d'une famille.

2° *Rayon des* Teranymphidæ. Le rostre est identique à celui d'une *Trichonympha*, mais la zone flagellaire post-rostrale s'est découpée en anneaux successifs, séparés par de grands intervalles dénudés; le corps prend un aspect annelé (strobilation). Un seul genre : *Teranympha*.

3° *Rayon des* Hoplonymphidæ. L'area flagellaire s'est coupée en deux moitiés égales; en même temps le centrosome s'est dédoublé, les filaments et les parabasaux se sont répartis en deux groupes. Au total le Protiste est fait de deux moitiés égales et symétriques (symétrie bilatérale), mais le noyau reste indivis : Genres *Hoplonympha, Barbulanympha, Rhynchonympha, Urinympha*.

4° *Rayon des* Staurojoeninidæ. L'area flagellaire s'est découpée en quartiers. Le centrosome et ses dérivés ont subi la même quadruplication, et il s'est constitué de la sorte quatre antimères; chacun d'eux se compose d'un centrosome, d'un ruban suspenseur et d'un complexe de filaments et de parabasaux (symétrie tétraradiaire). Le noyau est resté indivis. Genres : *Staurojoenina* et *Idionympha*.

Dans les deux premiers rayons, l'area flagellaire a seule été modifiée. Dans les deux autres, tout le complexe centro-blépharoplastique a été intéressé par l'évolution. Du fait de la fissuration de l'area et de la répartition en groupes distincts des filaments, le rostre a pratiquement perdu son individualité.

Selon nous, les Hypermastigines se composent de trois phylums distincts : 1° *Lophomonadina* (*Lophomonadidæ, Kofoidiidæ, Jœniidæ*); 2° *Holomastigotina* (*Holomastigotidæ, Spirotrichonymphidæ*); 3° *Trichonymphina*, dont le détail a été donné ci-dessus. Les *Lophomonadina* manquent peut-être d'homogénéité, car la structure d'un *Lophomonas* est bien différente de celle d'un *Jœnia*. Les rapports entre eux et les autres sous-ordres restent à préciser. On peut supposer que les *Holomastigotina* sortent de quelques Polymastigotes, dont la touffe flagellaire s'est dissociée en séries linéaires spiralées et ne dérivent point directement des *Lophomonadina*. Quant aux *Trichonymphina*, elles dérivent probablement d'*Holomastigotina*, à lignes flagellaires presque rectilignes et serrées; de telles formes sont d'ailleurs connues; enfin, les lignes flagellaires des deux sous-ordres ont la même structure fondamentale (²).

Notre manière de comprendre les Hypermastigines rappelle celle qu'exposait Dogiel en 1922 (³); il admettait deux grands phylums, les *Lophomonadina* et les *Trichonymphina*, divisant ces dernières en Léiotriches (*Trichonympha*) et Dexiotriches (*Holomastigotes*), mais utilisait plusieurs caractères reconnus inexacts depuis.

(¹) *Mémoirs of the American Academy Sc.*, **17**, 1934, p. 185.

(²) O. Duboscq et P. Grassé, *Arch. Zool. Exp. et Gén.*, **67**, 1928, p. 159; *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 367.

(³) V. Dogiel, *Arch. de la Soc. Russe de Protistologie*, **1**, 1922, pp. 172-234.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les étapes de la croissance chez la Limace rouge* (Arion rufus *L.*). Note (¹) de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai étudié le cycle complet de la croissance pondérale d'*Arion rufus* L., élevée dans des conditions constantes, à la température de 20° et en présence d'une nourriture surabondante. Le développement peut être obtenu en toute saison, sans diapause hivernale ou estivale. Le poids passe d'une vingtaine de milligrammes à une vingtaine de grammes, et les variations du poids en fonction du temps sont représentées par une courbe ayant une forme générale en S. Mais l'étude des variations du logarithme du poids en fonction du temps est plus suggestive : le graphique représentant ces variations comprend deux segments de droites de pentes différentes se succédant, indiquant l'existence de deux phases de croissance, toutes deux exponentielles.

La première phase de croissance, débutant à l'éclosion, correspond à un accroissement rapide, caractérisé par un doublement du poids tous les 10 jours. Elle prend fin, en moyenne, 2 mois et demi après la naissance, alors que le poids des animaux atteint en général 3 à 4^g. La seconde phase de croissance est beaucoup plus lente, l'animal exigeant près de deux mois pour doubler son poids. La ponte se produit à un âge variable, au terme d'une troisième période, durant laquelle le poids reste stationnaire ou décline lentement.

Le passage de la première loi de croissance à la suivante apparaît nettement lorsqu'on suit les variations de poids d'un individu isolé. L'époque critique de transition peut être marquée par une chute temporaire de poids. Elle ne correspond pas au même poids chez tous les individus : les différences, déjà sensibles entre animaux issus d'une même ponte, paraissent plus grandes entre individus de lignées différentes; mais les taux de croissance caractéristiques des deux périodes restent invariables.

J'ai recherché si le passage du premier régime de croissance au second était accompagné d'une modification de la croissance relative des organes. Le foie paraît représenter, à tous les âges, la même fraction (1/10 environ) du poids frais du corps. Par contre, la glande hermaphrodite, indifférenciée durant la première phase de croissance, présente, au cours de la seconde, une croissance allométrique majorante : au début de cette période, elle représente seulement 1/1000 du poids frais de l'organisme, alors qu'elle atteint chez l'adulte 1/50 du poids du corps. L'époque critique qui sépare les deux premières phases de croissance correspond donc à une crise prépubertaire. La première étape de la croissance peut être qualifiée d'infantile, la seconde de juvénile. Quant à la troisième étape de la vie individuelle, elle correspond à la maturité et au développement des organes glandulaires de l'appareil génital.

Lorsqu'un individu, pris à un stade quelconque de sa croissance infantile,

(¹) Séance du 15 juin 1942.

est soumis à un jeûne de plusieurs mois, il peut être réduit à un poids (8^{mg}, par exemple) bien inférieur à son poids de naissance. Dès qu'il est à nouveau nourri, il reprend sa croissance selon le taux caractéristique de la période infantile, et la suite de son développement ne paraît pas sensiblement modifiée. Par contre, si un individu est soumis au jeûne après qu'il a franchi la crise prépubertaire et se trouve dans la phase juvénile de sa croissance, il peut être réduit à un poids inférieur à celui qui correspond à la crise prépubertaire, mais son taux de croissance, lorsqu'il est renourri, ne dépasse pas celui qui caractérise la période juvénile. La modification physiologique profonde qui correspond à la crise prépubertaire n'est donc pas réversible sous l'influence du jeûne, et les deux états, infantile et juvénile, ne doivent pas être considérés comme liés au poids global de l'organisme.

PROTISTOLOGIE. — *L'évolution de la morphologie par rapport à l'hôte dans le genre* Trypanosoma. Note de M. **Georges Lavier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Plusieurs tentatives ont été faites pour démembrer le genre *Trypanosoma* dont le nombre des espèces est considérable, mais elles n'ont jusqu'à présent pas abouti à des systèmes viables. On n'a pu en effet trouver de bases légitimant des coupures génériques ou subgénériques nettes et indiscutables. Des groupements d'espèces ont été proposés par Wenyon (1926), dont Hoare a ensuite (1931, 1933, 1936) complété et développé les vues; basés en premier lieu sur la notion toute biologique du cycle évolutif et du mode de transmission de l'espèce, ils prêtent à de graves critiques qui ne sauraient trouver place ici. Par contre, si l'on se base sur le seul point de vue de la morphologie, il est possible de répartir les espèces en un nombre restreint de types. Ces catégories ne peuvent être délimitées de façon nettement tranchée (auquel cas elles auraient alors la valeur de sous-genres), mais elles ont cependant une valeur naturelle supérieure à celles du système précédent; les difficultés mêmes de démarcation entre les types ont un grand intérêt, car elles donnent des indications précieuses sur la façon dont a évolué la morphologie à l'intérieur du genre.

Mais il convient tout d'abord, avant de comparer les espèces entre elles, de bien préciser sur quoi portera la comparaison : en effet, au cours de l'infestation du vertébré, le trypanosome revêt plusieurs aspects successifs et qui peuvent être assez différents; les premiers stades, juvéniles, peuvent être intéressants par les affinités qu'ils décèlent, mais le sont beaucoup moins pour une comparaison d'ensemble, à cause de la pauvreté de leurs caractères. Les formes terminales de l'infection, les formes *adultes* (pour employer le terme courant), de plus grande taille, offrent au contraire le maximum de détails structuraux; ce sont donc elles qui doivent servir de base.

Il est encore un autre point à préciser préalablement : des Trypanosomes ont

été rencontrés chez des invertébrés; pour certains il s'agit simplement de stades dans l'évolution cyclique d'un parasite de vertébrés; pour d'autres, observés chez des insectes non piqueurs, ce sont moins des Trypanosomes vrais que des *Trypanoïdes*, suivant l'expression de Chatton, et je les laisserai de côté pour n'envisager que les espèces parasites de vertébrés. Mais parmi celles-ci je réserverai, pour le moment, le groupe couramment appelé *Trypanosomes pathogènes des mammifères*, c'est-à-dire les espèces (au sens large) qui suivent: *T. evansi*, *T. equiperdum*, *T. brucei*, *T. congolense* et *T. vivax*. Elles forment, en effet, par rapport aux autres, un groupe aberrant, non pas tant, toutefois, à cause de leur pouvoir pathogène, que pour d'autres caractères particuliers sur lesquels je reviendrai plus tard, en envisageant comment ce groupe peut être rattaché à l'ensemble du genre.

Cette réserve faite, la comparaison entre formes adultes des espèces trypanosomiennes de vertébrés amène aux conclusions suivantes :

Ces espèces peuvent être groupées en cinq types morphologiques entre lesquels des transitions existent.

Le premier type, certainement le plus ancien, est représenté par un trypanosome allongé, mince, à membrane ondulante bien développée, à kinétoplaste situé à une certaine distance de l'extrémité postérieure. Un bon exemple en est fourni par *T. rajæ* de la raie. Ce type se rencontre chez les Poissons, chez qui il peut présenter une variation secondaire en importance : déplacement vers l'arrière du kinétoplaste, qui devient terminal ou subterminal. Il se prolonge chez les Urodèles, avec une tendance à l'élargissement et chez les Chéloniens, avec élargissement et déplacement du noyau vers l'arrière. Des formes de ce type ont été décrites chez des Ophidiens, mais il est probable qu'il ne s'agissait pas alors de formes adultes.

Le second type continue le premier et en dérive par l'augmentation du déplacement en avant du kinétoplaste, déplacement en arrière du noyau, et enfin élargissement. Il apparaît chez les Anoures et les Reptiles (Sauriens, Ophidiens et Crocodiliens) où il est représenté par de grandes et belles formes dont *T. mega* d'un crapaud est une des plus caractéristiques. Il se prolonge chez les Oiseaux et chez les Mammifères. Chez ces derniers, il aboutit aux grands trypanosomes de ruminants et à des formes de moins grande taille dont certaines rencontrées chez des Primates.

Un troisième type, dont *T. rotatorium* des Grenouilles peut être pris pour chef de file, dérive du premier par exagération de l'élargissement aboutissant, après une série de formes trapues, à des individus globuleux n'ayant à première vue que peu de rapports avec les autres espèces. Ce type, qui s'est largement épanoui chez les Anoures et les Sauriens, représente un véritable cul-de-sac dans l'évolution du genre.

Le quatrième type apparaît chez les Oiseaux; il dérive manifestement du second dont les formes préadultes ont avec lui les plus grandes ressemblances. Il se prolonge avec une nette diminution de la taille chez les Mammifères où on

le rencontre des Édentés aux Primates. Il est trapu, large, à noyau médian et kinétoplaste assez éloigné de l'extrémité postérieure.

Le cinquième type ne se rencontre que chez les Mammifères, où il est bien représenté par *T. lewisi* et les nombreuses espèces voisines. Il provient du précédent par amincissement, la déviation du kinétoplaste vers l'avant est moindre; par contre le noyau tend vers une position antérieure. Il est répandu chez les Insectivores, les Chéiroptères et surtout les Rongeurs, mais s'observe également chez les Primates. Une espèce de ce type, *T. cruzi*, est pathogène.

Ainsi le genre *Trypanosoma*, primitivement monotone, a brusquement diversifié sa morphologie chez les Amphibiens et les Reptiles, puis une régression continue s'est établie. Il est curieux de constater que, dans son ensemble, l'évolution du parasite se trouve parallèle à celle de ses hôtes, et il n'est pas interdit de formuler l'hypothèse, à jamais d'ailleurs vérifiable, que le plus bel épanouissement morphologique du genre *Trypanosoma* eut lieu à l'époque secondaire.

L'étude des formes qui précèdent les stades adultes permet de saisir le mécanisme de ce phénomène régressif. Celui-ci paraît lié en effet à la diminution de longévité individuelle dans l'espèce : relativement considérable pour les parasites de poissons, amphibiens et reptiles, la durée de chaque individu, nécessaire pour atteindre la plus grande complexité morphologique, se restreint ensuite. C'est cette diminution de la longévité qui a pour conséquence à la fois la diminution de taille et la simplification de forme, les stades les plus différenciés, qui sont forcément les plus tardifs, n'étant pas atteints; c'est ainsi que le quatrième type, qui apparaît chez les Oiseaux, n'est, devenu ici stade adulte, que le stade préadulte du second type, beaucoup plus ancien.

IMMUNOLOGIE. — *Vaccin aux xanthates contre le typhus épidémique.* Note (¹) de M. **Paul Durand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans la préparation du vaccin contre le typhus exanthématique, l'emploi comme antiseptiques de divers xanthates alcalins présente des avantages certains. Les expériences suivantes ont été faites à partir de poumons de souris infestées de typhus épidémique par voie respiratoire (²). Le produit de broyage, dilué dans l'eau salée phosphatée et débarrassé des débris cellulaires par centrifugation, est additionné de proportions diverses d'isoamylxanthate de K ou d'éthylxanthate de Na, dont les propriétés semblent équivalentes.

L'action virulicide peut être évaluée rapidement par injection des différentes préparations dans le derme du Lapin. Alors que des réactions intenses se manifestent aux points d'inoculation du virus pur, même pour des doses

(¹) Séance du 15 juin 1942.

(²) P. Durand et H. Sparrow, *Comptes rendus*, 210, 1940, pp. 420-422.

de 1/32 000 à 1/64 000 de poumon, aucune réaction n'est provoquée par 1/500 de poumon mis en contact préalable depuis 90 minutes avec des solutions de xanthate à 1/100, 1/300, 1/1000, 1/3000, 1/10 000 (volume total injecté, $0^{cm^3},2$). Suivant les animaux, la réaction commence à apparaître avec des mélanges contenant seulement 1/30 000 ou 1/100 000 de xanthate.

Des données plus précises sont obtenues en inoculant dans le péritoine des séries de cobayes avec 1^{cm^3} des mêmes mélanges correspondant à 1/100 de poumon. Cette dose de virus à l'état pur détermine après une incubation pouvant descendre à 24 ou 36 heures, une réaction fébrile intense, souvent accompagnée d'orchi-vaginalite, bien qu'il s'agisse de virus épidémique. Après 30 minutes d'action *in vitro* de l'antiseptique, les mélanges sont encore virulents, à moins que la proportion ne dépasse 1/3 000. Après 90 minutes, seuls provoquent de la fièvre des mélanges à 1/30 000 et 1/100 000.

Les cobayes qui ont reçu des inoculations non virulentes se montrent à l'épreuve fortement immunisés.

66 cobayes, répartis en 8 lots de 6 à 10 animaux, sont traités par inoculation péritonéale de 1^{cm^3} de divers vaccins contenant de 1/50 à 1/100 de poumon, avec une teneur en xanthate de 1/100 à 1/500. Les vaccins correspondant à chaque lot ont été préparés et conservés à $+4^{\circ}$ depuis 67, 61, 54, 47, 42, 11 jours, 24 heures, ou 80 minutes. Aucun animal ne fait de fièvre vaccinale. L'épreuve a lieu 29 jours plus tard, par inoculation péritonéale de chaque cobaye avec 1^{cm^3} d'un mélange de sangs virulents provenant de six cobayes typhiques : les dix cobayes témoins réagissent nettement, alors que des vaccinés trois seuls font de la fièvre. Ce sont :

n° 48, fébrile du 11e au 19e jour; il avait reçu 1/100 de poumon traité par du xanthate à 1/100 et conservé 54 jours.

n° 54, fébrile du 11e au 15e jour; il avait reçu 1/100 de poumon traité par du xanthate à 1/150 et conservé 37 jours.

n° 63, fébrile du 10e au 12e jour; il avait reçu 1/50 de poumon traité par du xanthate à 1/100 et conservé 42 jours.

A noter que n° 48 et n° 54 ont mis bas entre la vaccination et l'épreuve.

Du sang, prélevé à chacun des trois cobayes le deuxième jour de la fièvre, a été inoculé à deux autres cobayes pour vérifier la nature typhique de la réaction thermique. La réponse a été positive pour n° 63, douteuse pour les deux autres.

Une seule injection de vaccin au xanthate a donc immunisé solidement au moins 63 cobayes sur 66, proportion qu'on est loin d'atteindre avec une injection de vaccins formolés ou phéniques, même plus riches en rickettsies ([3]).

Environ 100 000 vaccinations humaines ont été pratiquées en Afrique du Nord avec le vaccin au xanthate. Les résultats en seront publiés ultérieurement. On peut cependant indiquer déjà quelques faits bien établis. Trois

([3]) P. Durand et P. Giroud, *Comptes rendus*, 210, 1940, pp. 493-495.

injections successives donnent de façon sensiblement constante une excellente immunité. Une seule injection, en milieu indigène nord-africain infesté, suffit à arrêter une épidémie ou à la transformer en quelques cas isolés. Une seule injection pratiquée chez un sujet en cours ou même en fin d'incubation de typhus épidémique, abrège presque toujours la maladie, la rend plus bénigne.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Comportement du Bacille pyocyanique chez la Puce du Rat* Xenopsylla Cheopis. Note de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Émile Roubaud.

Legroux et ses collaborateurs ([1]) ont montré que le Bacille de Whitmore devait être rangé dans la même famille que le Bacille pyocyanique. Nous avons pu, au cours d'études portant sur ces deux Microbes, non seulement confirmer entièrement les expériences de Legroux, mais aussi apporter quelques nouveaux faits précisant encore cette parenté. Parmi ces faits, l'un des plus intéressants nous semble être l'identité de comportement des deux Bacilles chez la Puce du Rat.

Nous avons montré que le Bacille de Whitmore se multiplie chez la Puce qui pique un animal infecté, qu'il se conserve longtemps chez cet insecte, passe dans les déjections et peut être transmis par piqûre de la Puce infectée ([2]).

Nous avons fait la même expérimentation avec le Bacille pyocyanique, en en utilisant deux souches fortement pathogènes, les souches F et S.

Infection expérimentale de la Puce sur le Cobaye. — Dans une cuve contenant plusieurs milliers de puces d'élevage neuf, nouvellement écloses et n'ayant encore jamais piqué, sont introduits des cobayes inoculés par voie sous-cutanée avec des cultures de Bacille pyocyanique; les animaux ne sont placés dans la cuve qu'au moment de la période agonique, pour assurer une infection plus sûre des puces.

Trois ou quatre cobayes se succèdent ainsi dans la cuve pendant 3 à 4 jours, puis des cobayes neufs sont introduits dans la cuve en remplacement des cobayes infectés.

Des prélèvements de puces sont ensuite faits, à des moments variés, après la fin des repas infectants. Les puces broyées sont inoculées, par voie sous-cutanée, à des cobayes, en même temps qu'une culture du broyat est faite en bouillon.

Huit expériences, portant sur trois cuves successives, sont faites 17 heures, 24 heures, 3, 8, 16, 18, 22 et 38 jours après la fin des repas infectants. Toutes donnent des résultats positifs; les cobayes inoculés font un abcès sous-cutané dont il est facile d'isoler le bacille; les cultures, en bouillon, de puces broyées, poussent rapidement en produisant la pigmentation caractéristique. Les

([1]) R. Legroux et Pons (travail cité dans le Mémoire ci-dessous); R. Legroux et Genevray, *Ann. Inst. Pasteur*, 51, 1933, p. 249.

([2]) G. Blanc et M. Baltazard, *Comptes rendus*, 13, 1941, p. 541.

souches isolées sont reconnues identiques aux souches qui ont servi à l'inoculation ([3]).

Les cultures des déjections de puces infectées sont également positives.

Ces premières expériences montrent que la Puce du Rat *Xenopsylla cheopis* s'infecte en piquant des Cobayes inoculés de souches de pyocyanique, qu'elles restent longtemps infectées, au moins 38 jours, et que le Bacille passe dans les déjections.

Transmission au Cobaye par piqûres de Puces infectées. — Alors que les Cobayes piqués par des Puces infectées de Bacille de Whitmore s'infectent et meurent en quelques jours, les cobayes piqués par des Puces infectées de bacille pyocyanique restent, au contraire, bien portants. Ce fait ne peut étonner puisque, même si les Puces inoculent le Bacille pyocyanique par piqûre, celui-ci ne peut se développer et provoquer l'infection, sa virulence étant insuffisante.

Pour vérifier si cette transmission par piqûre, rendant le parallélisme complet chez la Puce entre le Bacille de Whitmore et le Bacille pyocyanique, existait bien, nous avons imaginé la technique suivante :

Des Puces, dûment infectées de Bacille pyocyanique, sont mises dans un tube de Borrel et piquent la peau épilée de l'abdomen d'un cobaye neuf, à travers une soie à bluter de calibre très fin. Cette séance de piqûre dure environ une demi-heure. Le Cobaye est aussitôt sacrifié; la paroi abdominale est soigneusement lavée, puis on découpe aseptiquement un carré de peau au niveau des piqûres. Ce carré est saisi avec quatre pinces de Péan, et retourné sur une boîte de Petri stérile, la face interne en haut. On prélève aseptiquement plusieurs fragments du tissu cellulaire sous-cutané, qui sont immédiatement ensemencés en bouillon. Un fragment de peau totale est également ensemencé en bouillon.

Le résultat de l'expérience est parfaitement net, tous les tubes ensemencés donnent une culture de Bacille pyocyanique.

En conclusion, le Bacille pyocyanique se comporte, chez la Puce du Rat *Xenopsylla cheopis*, exactement comme le Bacille de Whitmore : même infection de la Puce, même conservation chez l'Insecte, même passage dans les déjections, même transmission par piqûre.

Ce caractère biologique vient renforcer les arguments sur l'étroite parenté des deux Microbes, basés sur leur pouvoir pathogène et leurs caractères biochimique.

A $15^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 45^m$. L. B.

([3]) Nous avons étudié les caractères biochimiques de ces souches. Ces caractères permettent de les différencier aisément.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 15 JUILLET 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse** adresse ampliation de l'arrêté portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Joseph Pérès** pour occuper dans la Section de Mécanique la place vacante par le décès de M. *Léon Lecornu*.

Il est donné lecture de cet arrêté.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Joseph Pérès** prend place parmi ses Confrères.

ACOUSTIQUE. — *Sur la réflexion et la réfraction d'ondes acoustiques à la surface de séparation de deux fluides en repos ou en mouvement relatif de translation.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

La réflexion et la réfraction d'ondes acoustiques à la surface de séparation de deux fluides distincts, ou identiques mais dans des états physiques différents, pouvant être animés au surplus, l'un par rapport à l'autre, d'un mouvement de translation, présentent des caractères particuliers très différents de ceux observés dans le cas d'une surface de séparation rigide non ébranlée par ces ondes (1).

Il nous paraît utile de préciser quelques points intéressants relatifs à ces phénomènes.

Supposons les deux fluides (gaz ou liquides) séparés par le plan xOy; le fluide supérieur ($z > 0$) au repos, le fluide inférieur animé d'une vitesse parallèle au plan xOy et de projections α, β, o. Soient a la vitesse du son dans le fluide supérieur de densité ρ; a' et ρ' les quantités analogues dans le milieu inférieur.

Soit maintenant une onde plane incidente donnée quelconque cheminant dans le fluide supérieur, représentée par sa fonction des vitesses $f(x\sin\theta - z\cos\theta + at)$, et donnant lieu à une onde réfléchie $\varphi(x\sin\theta - z\cos\theta + at)$ et aussi, suivant les circonstances, dans le milieu inférieur à une onde réfractée.

---

(1) E. Esclangon, *Comptes rendus*, 164, 1917, pp. 99 et 175.

Dans tous les cas, l'ébranlement, dans le milieu inférieur, sera caractérisé par une fonction des vitesses $\Phi(x_1, y_1, z, t)$ définie par rapport à des axes mobiles O_1, x_1, y_1, z, entraînés avec le fluide dans son mouvement de translation. L'ébranlement étant supposé très petit, on aura la relation

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial t^2} = a'^2\left[\frac{\partial^2\Phi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}\right]. \tag{1}$$

Pour les deux systèmes de coordonnées relatifs à une même molécule, on aura

$$x = x_1 + \alpha t, \qquad y = y_1 + \beta t. \tag{2}$$

Par la nature même du problème, une certaine forme est imposée à la fonction Φ. Soient deux molécules M et M' du milieu inférieur, dont les coordonnées absolues sont, respectivement, aux époques t et t' : x, y, z et x', y', z (les z ayant la même valeur), mais pour lesquelles on a

$$x \sin\theta + at = x' \sin\theta + at'. \tag{3}$$

On peut dire que ces deux molécules sont, aux époques respectives t, t', dans la même position géométrique et physique vis-à-vis des diverses phases de l'onde incidente; leurs vitesses et les pressions sont les mêmes, de sorte que $(\partial\Phi/\partial x_1)(\partial\Phi/\partial y_1)(\partial\Phi/\partial z)(\partial\Phi/\partial t)$ y ont les mêmes valeurs. Cela revient à dire que ces quantités dépendent des seules valeurs $u = x\sin\theta + at$ et z; la fonction des vitesses Φ se met donc sous la forme

$$\Phi(u, z) = \Phi[x_1 \sin\theta + (a + \alpha\sin\theta)t,\ z]. \tag{4}$$

En écrivant que Φ satisfait à (1), il vient

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2} + \left[\sin^2\theta - \frac{a^2}{a'^2}\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right)^2\right]\frac{\partial^2\Phi}{\partial u^2} = 0. \tag{5}$$

Exprimons maintenant que, sur la surface de séparation, les composantes normales, suivant Oz des vitesses des molécules dans les deux milieux, ainsi que les pressions, sont les mêmes. Il vient

$$\cos\theta[f'(u) - \varphi'(u)] = \left(\frac{\partial\Phi}{\partial z}\right)_0 \tag{6}$$

$$\rho[f'(u) + \varphi'(u)] = \rho'\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right)\left(\frac{\partial\Phi}{\partial u}\right)_0 \tag{7}$$

(pour $z = 0$).

1° *Cas où il y a réflexion et réfraction.* — S'il existe une onde réfractée, celle-ci est plane; Φ est alors une fonction linéaire de x_1, z, t, et s'écrit

$$\Phi(u, z) = \Phi[x_1\sin\theta + (a + \alpha\sin\theta)t + \lambda z].$$

Les équations (5), (6) et (7) deviennent

$$\lambda^2 = \frac{a^2}{a'^2}\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right)^2 - \sin^2\theta, \tag{8}$$

$$\cos\theta[f'(u) - \varphi'(u)] = \lambda\Phi'(u), \tag{9}$$

$$\rho[f'(u) + \varphi'(u)] = \rho'\left[1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right]\Phi'(u). \tag{10}$$

La relation (8) fixe la loi de réfraction. Si θ' désigne l'angle de réfraction, elle pourrait s'écrire en effet

$$\frac{\sin\theta}{\sin\theta'} = \frac{a}{a'}\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right). \tag{11}$$

Cette loi est obtenue ici indépendamment de l'application du principe de Huyghens. Les relations (9) et (10) déterminent qualitativement et quantitativement les ondes réfléchies $\varphi'(u)$, et réfractées $\Phi'(u)$, à savoir

$$\varphi'(u) = \frac{\rho'\cos\theta\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right) - \lambda\rho}{\rho'\cos\theta\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right) + \lambda\rho} f'(u); \qquad \Phi'(u) = \frac{2\rho\cos\theta}{\rho'\cos\theta\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right) + \lambda\rho} f'(u). \tag{12}$$

Il est à remarquer que l'onde réfléchie peut s'annuler. Il y a alors *réfraction totale*.

2° *Cas de la réflexion totale.* — La quantité λ^2, définie par (8), peut être négative. Il y a alors réflexion totale. Posons

$$\mu^2 = \sin^2\theta - \frac{a^2}{a'^2}\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right)^2, \qquad v = \mu z. \tag{13}$$

L'équation (5) s'écrit alors

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial u^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial v^2} = 0, \tag{14}$$

et (6) et (7) deviennent

$$\left\{\begin{aligned} & m\left(\frac{\partial\Phi}{\partial u}\right)_0 + n\left(\frac{\partial\Phi}{\partial v}\right)_0 = f'(u) \\ & m\left(\frac{\partial\Phi}{\partial u}\right)_0 - n\left(\frac{\partial\Phi}{\partial v}\right)_0 = \varphi'(u) \end{aligned}\right. \quad \text{avec} \quad \begin{aligned} & m = \frac{\rho'}{2\rho}\left(1 + \frac{\alpha}{a}\sin\theta\right), \\ & n = \frac{\mu}{2\cos\theta}. \end{aligned} \tag{15}$$

La fonction Φ étant harmonique, il en est de même de la fonction

$$H(u, v) = m\frac{\partial\Phi}{\partial u} + n\frac{\partial\Phi}{\partial v} \tag{16}$$

définie dans le demi-plan des z négatifs. Elle prend pour $v = 0$ les valeurs données $f'(u)$ correspondant à l'onde incidente. Elle se détermine par les procédés classiques du problème de Dirichlet. Appelons $G(u, v)$ la *fonction harmonique conjuguée*, définie par les conditions

$$\frac{\partial H}{\partial u} = \frac{\partial G}{\partial v}, \qquad \frac{\partial H}{\partial v} = -\frac{\partial G}{\partial u}, \tag{17}$$

de sorte que $H(uv) + iG(u, v)$ définit une *fonction analytique* de la variable imaginaire $u + iv$.

Les équations (15) et (16) donnent alors, pour l'onde réfléchie $\varphi'(u)$, en

tenant compte de la propriété harmonique de la fonction $\Phi(u, v)$,

$$\varphi'(u) = \frac{m^2 - n^2}{m^2 + n^2} \mathrm{H}(u, 0) + \frac{2mn}{m^2 + n^2} \mathrm{G}(u, 0) = \cos\omega f'(u) + \sin\omega g'(u), \tag{18}$$

où l'on a posé

$$\operatorname{tang}\frac{\omega}{2} = \frac{n}{m}. \tag{19}$$

L'onde $g'(u)$, bien déterminée quand $f'(u)$ est donnée, sera appelée l'*onde conjuguée* de l'onde incidente $f'(u)$. L'onde conjuguée de $g'(u)$ ne serait autre que $-f'(u)$.

Ainsi *la réflexion totale fait naître dans l'onde réfléchie l'onde conjuguée, superposée*, pour une part définie, *à une onde identique (au signe près) à l'onde incidente*. Le fluide inférieur, malgré la réflexion totale, ne reste pas au repos; il subit un ébranlement qui s'éteint exponentiellement avec la distance $-z$ à la surface de séparation.

Si l'onde incidente est périodique, $f'(u) = \sin(pu + \gamma)$; on a alors

$$\mathrm{H}(u, v) = e^{pv}\sin(pu + \gamma), \qquad \mathrm{G}(u, v) = e^{pv}\cos(pu + \gamma) \qquad \text{et} \qquad g'(u) = \cos(pu + \gamma).$$

Le timbre, s'il s'agit d'un son complexe, peut être altéré par la réflexion totale.

Dans le cas d'une onde quelconque, permanente ou solitaire, l'onde conjuguée $g'(u)$ peut différer beaucoup, dans sa structure physique, de l'onde incidente, surtout si, comme dans le cas de détonations, par exemple, celle-ci comporte des variations rapides d'évolution. L'impression de détonation résultant de variations brusques de pression, il pourrait arriver que des ondes incidentes non audibles le deviennent, ou soient renforcées, par réflexion totale. Ces circonstances paraissent se présenter dans les échos prolongés qui prennent naissance sur les nuages à la suite des coups de tonnerre et qui sont marqués parfois par des rebondissements inattendus d'intensité.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles déterminations de la pesanteur dans le Nord du Massif Central.* Note de M. **Pierre Lejay.**

Le tableau ci-contre donne les valeurs de la gravité obtenues en 29 stations du Nord du Massif Central, à l'aide des deux gravimètres Holweck-Lejay nos 42 et 622.

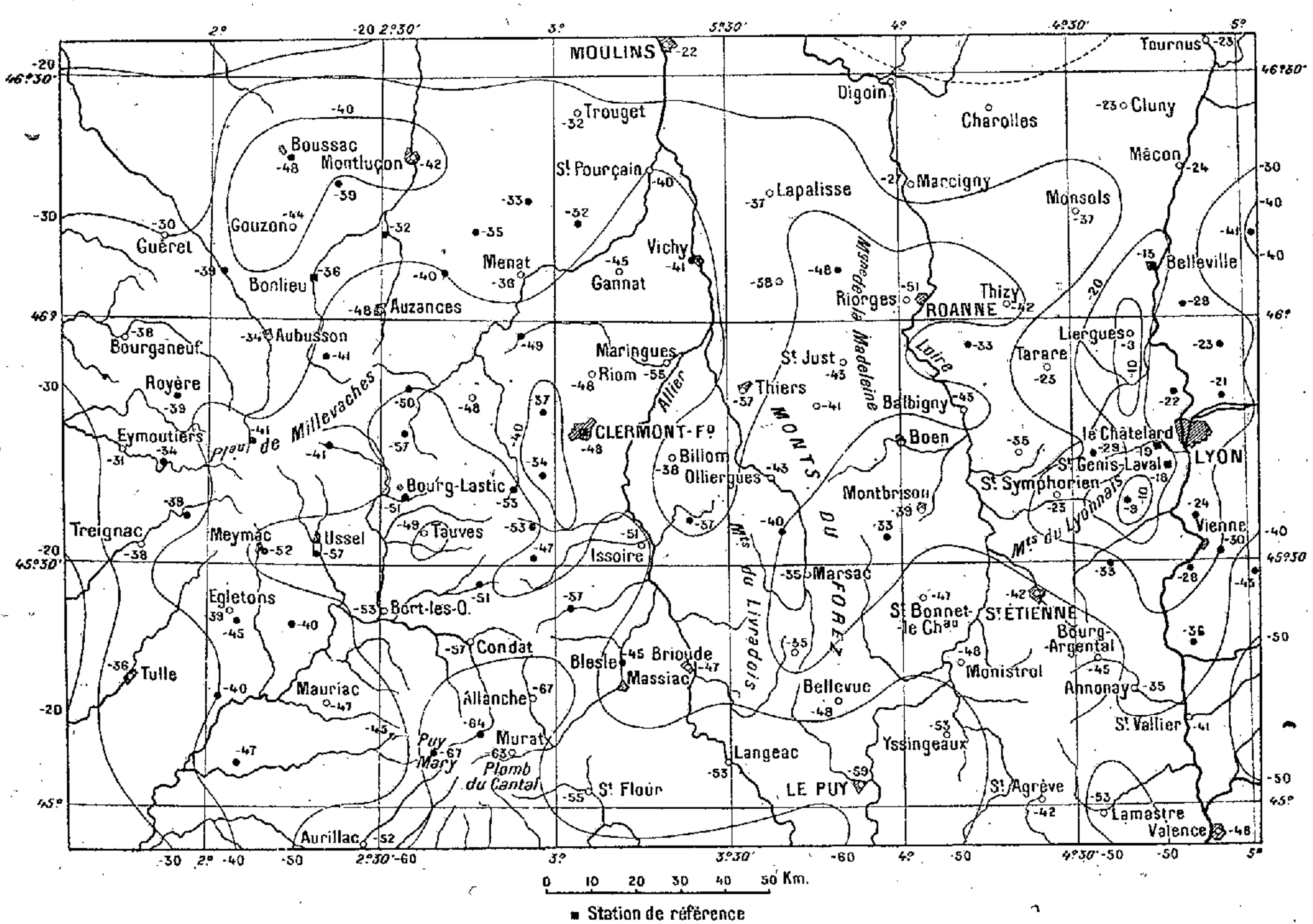
On a reporté sur la carte les anomalies de Bouguer par rapport aux valeurs normales sur l'ellipsoïde international.

Parmi les détails nouveaux apparaissant sur cette carte, nous signalerons les suivants :

A l'Ouest et au Sud-Ouest de Montluçon, une région d'anomalies plus fortement négatives coïncide presque exactement avec la région des granites

Massif Central (septembre 1941).

Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	Date. 1941.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	mètres		gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
Le Châtelard	4 45,5	45 43,9	298	4 sept.	980,618	—	—	—	—	—
Saint-Symphorien	4 12,5	45 57,0	432	8 »	,598	980,731	980,682	980,715	+ 16	— 33
Croix du Sud	3 50,2	46 5,6	756	8 »	,531	,764	,679	,727	+ 37	— 48
Vichy	3 24,0	46 7,8	258	8 »	,639	,719	,690	,731	+ 78	— 41
Bellenaves	3 4,6	46 11,7	340	9 »	,639	,743	,705	,737	+ 6	— 32
Rivalais	2 56,0	46 15,5	421	9 »	,628	,758	,710	,743	+ 15	— 33
Montaigut	2 47,2	46 11,3	615	9 »	,581	,771	,701	,736	+ 35	— 35
Bonlieu	2 18,5	46 5,6	423	10 »	,607	,738	,690	,727	+ 11	— 37
Moutiers d'Ahun	2 3,3	46 6,0	352	11 »	,621	,729	,689	,728	+ 1	— 39
Royère	1 54,2	45 50,6	716	11 »	,526	,747	,666	,705	+ 42	— 39
Le Fournet	1 51,4	45 42,5	518	11 »	,557	,717	,659	,693	+ 58	— 34
Bugeat	1 55,8	45 36,2	740	12 »	,498	,726	,643	,684	+ 83	— 39
Meymac	2 9,5	45 31,4	737	12 »	,481	,709	,625	,677	+ 32	— 52
Ussel	2 18,5	45 30,9	585	12 »	,505	,685	,619	,676	+ 9	— 57
Neuvic d'Ussel	2 14,0	45 22,6	635	13 »	,499	,695	,623	,663	+ 32	— 40
Égletons	2 3,8	45 23,6	589	13 »	,505	,686	,620	,665	+ 21	— 45
Brigoux	2 1,0	45 13,6	534	13 »	,504	,669	,609	,649	+ 20	— 40
Saint-Cirgues	2 6,1	45 4,6	438	14 »	,503	,638	,589	,636	+ 2	— 47
Saint-Paul	2 31,7	45 8,7	762	14 »	,451	,686	,599	,642	+ 44	— 43
Pas-de-Peyrol	2 40,5	45 6,8	1589	15 »	,261	,651	,572	,639	+ 12	— 67
Dienne	2 47,0	45 9,1	1058	15 »	,372	,699	,579	,643	+ 56	— 64
Blesle	3 11,2	45 18,1	495	16 »	,514	,666	,611	,656	+ 10	— 45
Mazoires	3 2,1	45 24,3	805	16 »	,452	,701	,609	,666	+ 35	— 57
Beaubié	2 46,6	45 27,7	1070	16 »	,411	,741	,620	,671	+ 70	— 51
Lac Chambon	2 56,0	45 34,3	880	17 »	,452	,723	,624	,681	+ 52	— 57
Bourg-Lastic	2 34,3	45 38,5	740	17 »	,491	,719	,636	,687	+ 32	— 51
Herment	2 34,0	45 46,1	748	17 »	,495	,726	,642	,699	+ 27	— 57
Bonlieu	2 18,5	46 5,6	423	18 »	,607	,730	,692	,728	+ 2	— 36
Boussac	2 14,4	46 20,5	371	20 »	,630	,744	,702	,750	— 6	— 48
Nouhant	2 23,5	46 17,1	444	20 »	,619	,756	,706	,745	+ 11	— 39
Manzat	2 55,2	45 57,9	621	21 »	,546	,738	,667	,716	+ 22	— 49
Le Châtelard	4 45,5	45 43,9	298	25 »	,618	—	—	—	—	—



et des granulites, tandis qu'aux micaschistes, autour d'Évaux et de Saint-Sévère, correspondent des anomalies plus faibles.

La région des Puys, à l'Ouest de Clermont-Ferrand, est nettement marquée de faibles anomalies bien délimitées, qui s'arrêtent au Sud devant l'extension des fortes anomalies du Plomb du Cantal vers Issoire (extension qui suit également presque exactement les contours des émergences basaltiques), et qui se trouvent bordées à l'Ouest par une autre extension des fortes anomalies correspondant aussi aux roches éruptives du Sud-Ouest de Pontgibaud.

On remarque encore des anomalies plus fortes dans la région granitique s'étendant entre Meymac et Ussel, et une diminution notable au Nord et au Sud de cette région, dans la zone des micaschistes.

Si l'on ajoute à ces faits l'extension en direction du Puy des anomalies des Monts de la Margeride, qui coïncide encore avec les granites, on doit constater dans toute cette étendue du Massif Central, la moitié Ouest de notre carte, une relation assez étroite entre les anomalies de Bouguer et les caractères géologiques superficiels. Or il faut noter que, pour la réduction au niveau de la mer, nous avons adopté une densité uniforme de 2,7, et que si l'on tenait compte de la densité locale, les différences constatées seraient légèrement accrues, puisque c'est dans les régions de roches éruptives lourdes que nous trouvons les anomalies négatives les plus fortes. On ne peut donc expliquer ces différences que par la présence de masses compensatrices plus légères à des profondeurs relativement faibles, les zones d'anomalies signalées ne s'étendant guère en général sur plus de 30^{km}.

Dans la moitié Est de la carte, la concordance signalée plus haut ne paraît pas aussi régulière : si les Monts de la Madeleine sont bien marqués, une bande d'anomalies plus faibles coupe du Sud-Ouest au Nord-Est les Monts du Forez; il semble cependant que le carbonifère du Sud de Roanne coïncide avec une région de faibles anomalies.

Dans cette région un réseau plus serré de stations devra être établi.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

David Sidersky. *Pasteur et Renan. Les Sciences et les Lettres.*

M. **Louis Fage** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par le décès de M. *P. Marchal.*

M. **Raymond Furon** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Villemot.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème de géométrie suggéré par l'étude du mouvement brownien.* Note de M. **Jean Ville**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans l'étude du mouvement brownien on est amené, quand on fait tendre vers zéro l'intervalle de temps moyen qui sépare deux chocs consécutifs, à considérer des fonctions aléatoires d'une variable t, presque certainement continues, à accroissements successifs indépendants ([1]). La signification physique du problème se trouve altérée, les fonctions obtenues étant à variation non bornée. Les trajectoires sont des courbes presque certainement continues, mais sans tangente. Le but de la présente Note est de montrer que, tout au moins dans le cas de l'espace à trois dimensions, un point donné de la trajectoire est presque certainement un point simple.

2. Soient donc trois fonctions aléatoires $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ obéissant à la loi

$$(1)\quad \mathrm{Prob}\{X(t+\theta)-X(t)<x,\ Y(t+\theta)-Y(t)<y,\ Z(t+\theta)-Z(t)<z\}$$
$$=(2\pi\theta)^{-\frac{3}{2}}\int_{-\infty}^{x}\int_{-\infty}^{y}\int_{-\infty}^{z}\exp\left\{-\frac{x^2+y^2+z^2}{2\theta}\right\}dx\,dy\,dz \qquad (\theta>0).$$

Nous poserons la probabilité ci-dessus égale, pour simplifier l'écriture, à

$$\int_{-\infty}^{x}\int_{-\infty}^{y}\int_{-\infty}^{z}f\left(\overline{M_tM}_{t+\theta}^2,\ \theta\right)dM_{t+\theta}.$$

3. Soit U la borne inférieure des valeurs de t pour lesquelles le point M_t se retrouve à l'origine (en supposant que M_0 est à l'origine). Remarquons que le changement de variable $\tau=p^2t$, combiné avec une homothétie de puissance p, ne modifie pas les lois de probabilité. U et pU ayant ainsi même loi de répartition, les seuls cas qui peuvent se présenter sont

$$\mathrm{Pr}\{U=0\}=1 \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{Pr}\{U=\infty\}=1.$$

4. Soient deux points distincts N_0 et N_1, et deux instants distincts t_0 et t_1. Supposant que M_{t_0} coïncide avec N_0, la fonction

$$S(M_t,t)=\frac{f\left(\overline{M_tN}_1^2,\ T-t\right)}{f\left(\overline{N_0N}_1^2,\ T-t_0\right)} \qquad [t_0<t<t_1<T;\ (t_0,\ t_1,\ T \text{ fixes})]$$

définit une martingale ([2]), de sorte que

$$\mathrm{Prob}\left\{\underset{t_0\leq t\leq t_1}{\text{Borne sup.}}\ S(M_t,t)\geq A\right\}\leq\frac{1}{A} \qquad (A>1).$$

([1]) P. Lévy, *Théorie de l'addition des variables aléatoires*, p. 166 et suiv. (*Monographies des Probabilités*, 1937).

([2]) J. Ville, *Étude critique de la notion de collectif* Chap. V (*Monographies des Probabilités*, 1939).

On déduit sans peine de l'inégalité précédente que la probabilité pour que M ne passe pas par N_1 dans l'intervalle $t_0 \leq t \leq t_1$, est au moins égale à

$$(2) \qquad 1 - \exp\left\{ - \frac{\overline{N_0 N_1}^2}{2(t_1 - t_0)} \right\}.$$

5. Supposons maintenant que, pour $t = 0$, le point M se trouve à l'origine, et soient deux valeurs t_0 et t_1 $(0 < t_1 < t_0)$. Par application du résultat (2), on montre que la probabilité pour que le point M ne repasse pas par l'origine dans l'intervalle (t_1, t_0) est au moins égale à

$$(3) \qquad 1 - \left(\frac{t_0 - t_1}{t_0} \right)^{\frac{3}{2}}.$$

Soit maintenant une suite $t_0 > t_1 > \ldots > t_n > \ldots (t_n \to 0)$. En appliquant le résultat (3) aux intervalles successifs séparant ces valeurs de t, on montre que la variable U introduite au paragraphe 3 est presque certainement positive. L'origine est donc presque certainement point simple de la courbe considérée, et par conséquent l'ensemble des valeurs de t pour lesquelles la courbe admet un point double est presque certainement de mesure nulle.

Remarque. — La méthode de démonstration indiquée ici ne s'applique pas au mouvement brownien plan; elle conduit dans ce dernier cas à la considération de la série

$$\sum \frac{t_n - t_{n+1}}{t_n} \qquad (t_0 > t_1 > \ldots > t_n > \ldots;\ t_n \to 0),$$

qui diverge. Il nous semble cependant extrêmement probable que la proposition qui fait l'objet de la présente Note est vraie également pour deux dimensions.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Préliminaires à une nouvelle définition de la mesure.* Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La mesure de Lebesgue, ou plus généralement une mesure de Hausdorff satisfaisant à la définition générale de la mesure donnée par Carathéodory, ne permet pas de comparer métriquement deux ensembles quelconques. Les faits suivants : existence d'ensembles non mesurables qu'on ne peut comparer même lorsqu'ils sont superposables, rangement dans une même catégorie de tous les ensembles de mesure nulle, aussi différents qu'ils soient, existence de mesures de Hausdorff non comparables, tiennent à ce que l'on veut, pour comparer les ensembles, utiliser *a priori* l'échelle des nombres, c'est-à-dire un ensemble de numéros totalement ordonné, et de type bien déterminé.

Pour éviter ces difficultés, nous définirons seulement l'égalité des *masses* de deux ensembles. Les masses sont alors réparties en classes qui forment un ensemble de numéros partiellement ordonné que l'on étudiera *a posteriori*.

Définitions Δ. — Les ensembles considérés sont tous les sous-ensembles d'un espace abstrait E. On suppose définie pour certains couples de ces ensembles une *congruence* ($\sim$) astreinte seulement aux conditions

1° $a \sim a$; 2° $a \sim b \rightarrow b \sim a$; 3° $a \sim b$ et $b \sim b \sim c \rightarrow a \sim c$.

Une définition de l'égalité des masses de deux ensembles de E *est une définition* Δ *si les cinq axiomes suivants sont vérifiés :*

I_a. $m(A) = m(B) \rightarrow m(B) = m(A)$.

I_b. $m(A) = m(B)$ et $m(B) = m(C) \rightarrow m(A) = m(C)$.

II. Deux ensembles congruents ont des masses égales.

III. Soit $A = \sum_1^\infty a_i$ et $B = \sum_1^\infty b_i$ avec $a_i . a_j = 0$ et $b_i . b_j = 0$ si $i \neq j$; si alors $m(a_i) = (b_i)$ pour tout i, on a $m(A) = m(B)$.

Ces axiomes sont indépendants. Les axiomes I_a et I_b permettent de ranger les ensembles en classes (m) maxima d'ensembles équimasses.

Inégalité. — On dit que $m(A) \subset m(B)$, si A a même masse qu'une partie de B.

Cette définition ordonne l'ensemble des classes (m) en un ensemble partiellement ordonné si les axiomes suivants sont vérifiés :

IV. $m(A) \subset m(B)$ et $m(B) \subset m(A) \rightarrow m(A) = m(B)$,

V. $m(A) \subset m(B)$ et $m(B) \subset m(C) \rightarrow m(A) \subset m(C)$.

Ces deux axiomes sont indépendants entre eux et indépendants des trois premiers. Les cinq axiomes sont compatibles.

Notre but étant de choisir parmi toutes ces définitions celle qui est la plus naturelle, nous allons classer les définitions Δ relatives à un même espace E muni d'une congruence donnée.

Définition. — 1° Δ_2 est plus fine que Δ_1 (ou $\Delta_1 \prec \Delta_2$) si, quels que soient les ensembles A et B, $m_{\Delta_2}(A) = m_{\Delta_2}(B)$ entraîne $m_{\Delta_1}(A) = m_{\Delta_1}(B)$; 2° Δ_1 et Δ_2 sont équivalentes (ou $\Delta_1 \equiv \Delta_2$) si l'on a $\Delta_1 \prec \Delta_2$ et $\Delta_2 \prec \Delta_1$.

On montre que l'ensemble des Δ *est partiellement ordonné par cette relation.*

Propriétés générales des Δ. — L'ensemble des Δ ne forme pas en général une *structure*, mais on peut définir dans tous les cas des éléments $(\Delta_1 + \Delta_2)$ et $(\Delta_1 . \Delta_2)$ qui satisfont à presque tous les axiomes (I) à (V).

Dans le cas où la congruence de E est telle que, si deux ensembles sont congruents, il existe entre leurs points une correspondance biunivoque qui entraîne la congruence des sous-ensembles homologues; dans ce cas il existe une définition Δ plus fine que toutes les autres :

Δ_ω : $m(A) = m(B)$ si A et B sont décomposables respectivement en une infinité dénombrable d'ensembles disjoints a_i et b_i tels que $a_i \sim b_i$ pour tout i.

Théorème. — Soit E un espace cartésien où la congruence est la superposabilité :

1° *Si* A *est fermé et de mesure*$_L$ *a et si* B *est un ensemble de mesure jordanienne intérieure a, on a* $m_\Delta(A) \leqq m_\Delta(B)$ *quel que soit* Δ.

2° *Deux ensembles ouverts qui ont même mesure*$_L$ *ont toujours même masse* $_\Delta$.

Voici un exemple de Δ pour laquelle la relation $m(A) \subset m(B)$ n'entraîne pas : puissance de $(A) <$ puissance de (B).

Un espace E (où $a \sim b \rightarrow a$ identique à b) est divisé en ensembles disjoints e.

On dira alors que $m(A) = m(B)$ si tout ensemble e qui a des points dans A, a aussi des points dans B, et inversement.

Ici l'ensemble des classes (m) est isomorphe à l'ensemble des parties de l'ensemble formé avec les e comme éléments.

Pour éviter ces singularités on est amené à considérer une sous-famille des Δ :

Définition δ. — On a $m(A) = m(B)$ si $A = \sum_1^\infty a_i$ et $B = \sum_1^\infty b_i$, les a_i et les b_i respectivement étant disjoints, et si, pour tout i, les points de a_i et b_i se correspondent biunivoquement dans une transformation d'un type donné T.

On suppose seulement sur les transformations T et sur la congruence de E que :

1° Si $a \sim b$, a et b se correspondent dans une transformation T.

2° Pour toute transformation T entre A et B, les transformations induites par T sur les sous-ensembles de A et B sont des transformations T.

3° Les transformations T forment un groupe.

Théorème. — *Toute définition* δ *est une définition* Δ.

On vérifie en effet que les axiomes I à V sont satisfaits. En particulier, la démonstration du fait que l'axiome IV est vérifié est analogue à celle du théorème de Bernstein relatif aux nombres cardinaux; en fait, *c'est une généralisation de ce théorème.*

Il existe ici encore une définition δ_ω plus finie que toutes les autres.

Il existe aussi une définition moins fine que toutes les autres : δ_0

δ_0. Deux ensembles ont même masse quand ils ont même puissance.

Dans le cas où E est un espace topologique, s'introduit une définition δ_T topologique :

δ_T est une δ pour laquelle les transformations T sont les homéomorphies.

Relativement à cette mesure topologique, tous les ensembles cartésiens qui contiennent un sous-ensemble parfait ont même masse.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la chambre d'alimentation des souffleries à accumulation.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Albert Caquot.

La réalisation des souffleries à accumulation ([1]) soulève un problème de construction nouveau relatif à la chambre d'amont, à volume variable, d'où

([1]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 873 et 889; **214**, 1942, p. 345.

l'air doit se précipiter dans la soufflerie, au moment de la succion, avec une pression au départ aussi constante que possible.

Il s'agit, pour une soufflerie de dimensions industrielles, de faire écouler en quelques secondes plusieurs milliers de mètres cubes. L'emploi d'un grand gazomètre ne paraît pas pouvoir être alors envisagé, à cause des difficultés liées aux forces d'inertie.

M. Caquot a proposé l'emploi d'une chambre en toile à ballon réalisée de la façon suivante. Un bassin en forme de calotte sphérique est bordé par une margelle torique sur laquelle est fixée une couverture en toile façonnée en forme de calotte sphérique. Si le rayon du cercle générateur du tore est assez petit pour rendre négligeables les difficultés liées à la non-applicabilité de la sphère sur le tore, les deux positions, concave et convexe, de la toile sont approximativement deux calottes sphériques symétriques par rapport au plan horizontal tangent sur la margelle.

On peut d'ailleurs réaliser ce même type de chambre en construisant simplement, au-dessus du sol, une paroi verticale cylindrique dont le bord supérieur est arrondi en tore de petit rayon. Cela apparaît commode pour loger le convergent d'entrée de la soufflerie directement sur cette paroi verticale.

Le calcul des formes de transition à plis entre la calotte sphérique concave et la calotte sphérique convexe apparaît un problème fort compliqué du fait des doubles courbures. C'est une étude un peu superflue d'ailleurs, car, dans ces formes à plis, les tensions, nulles perpendiculairement aux plis, restent partout faibles. La toile flotte donc à peu près sous l'action simultanée de la surpression η dans la chambre et du poids spécifique superficiel ϖ de la toile. Il en résulte que η est du même ordre de grandeur que ϖ, c'est-à-dire tout à fait négligeable auprès de la pression atmosphérique.

On peut d'ailleurs faire des calculs effectifs lorsque, au lieu de ce problème de révolution du *bassin couvert*, on envisage le problème cylindrique du *canal couvert* infiniment long.

La toile peut alors prendre librement toutes les formes cylindriques que réclame l'équilibre, et s'applique sans aucune déformation sur les deux margelles cylindriques parallèles O et O'.

Pour les surpressions η, positives ou négatives, très grandes en valeur absolue, le poids propre de la toile devient négligeable, et l'on a des formes limites circulaires, tangentes aux deux margelles.

Les formes concaves réalisent une suite continue depuis la forme circulaire $A_1C_1A'_2$ (pour $\eta = -\infty$), en passant par la chaînette $A_3C_3A'_3$ (pour $\eta = 0$), jusqu'à la dernière des formes concaves que nous noterons $A_5C_5A'_5$.

Les formes convexes font une autre série continue depuis la forme circulaire limite $B_{18}C_{18}B'_{18}$ (pour $\eta = +\infty$) jusqu'à la dernière des formes convexes que nous noterons $B_{16}C_{16}B'_{16}$.

Dans ces deux domaines, on peut déterminer la pression η qui correspond

à une valeur donnée de l'angle de décollement sur la margelle, en cherchant la valeur de η qui donne à l'intégrale $\int R\,d\theta$ une valeur égale à la longueur de l'arc libre.

Pour étudier les formes de transition entre la forme 5 et la forme 16, on notera que l'expression $R = T/(\eta - \varpi\cos\theta)$ du rayon de courbure est incompatible avec l'existence d'un point d'inflexion sur l'arc libre. Par conséquent, les formes de transition sont des formes avec plis anguleux qui permettent au rayon de courbure de garder un signe invariable partout en dehors des plis.

Les plis ne peuvent naître qu'en des points où la tension devient nulle, et par conséquent au point bas d'un arc libre, où la tension est minimum. En conséquence, au gonflement, le pli naîtra au point bas G_5 de la dernière forme concave, sur l'axe de symétrie. Au contraire, au dégonflement à partir des formes convexes, c'est aux points bas B_{16} et B'_{16} que naîtront des plis latéraux.

En cours de gonflement, lorsque le point bas C' du pli central arrive à la même altitude que les bords A et A' de l'arc libre, la tension devient nulle en A et A' où des plis peuvent prendre naissance. L'équilibre est instable et la toile du pli vertical B C B' se précipitera, par glissement transversal, dans ces nouveaux plis latéraux AB et A'B' où l'altitude est plus faible.

Cette disparition d'un équilibre instable est une transformation irréversible. Par conséquent les successions de formes de transition ne seront pas les mêmes au gonflement et au dégonflement.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Influence de la démultiplication de la transmission d'une automobile sur l'accélération du véhicule.* Note de M. **Joseph Bethenod**, présentée par M. Albert Caquot.

La boîte de changement de vitesses constitue un moyen de tirer du moteur la puissance maximum, par le maintien d'une vitesse de rotation élevée. Par une manœuvre opportune, elle procure l'accélération la plus rapide compatible avec l'adhérence (cas, par exemple, des voitures de course). On se propose tout d'abord ici de déterminer pour une boîte à deux vitesses quel est le rapport, de la première démultiplication à la seconde, qui procure le temps minimum nécessaire pour atteindre une vitesse donnée V, tandis que la vitesse angulaire ω du moteur ne dépasse pas une valeur limite Ω.

Soient M la masse du véhicule, J le moment d'inertie des organes en rotation du moteur, C le couple du moteur supposé constant, ρ le facteur de proportionnalité entre ω et la vitesse instantanée v lorsque la seconde démultiplication est en prise ($\omega = \rho v$), et enfin α le rapport entre la première et la seconde démultiplication ($\alpha > 1$). Pendant une première période de durée T_1, s'étendant de l'arrêt ($v = 0$) à l'instant où le véhicule atteint la vitesse limite

V/α, on peut écrire

$$(1)\qquad C\alpha\rho T_1 = M\frac{V}{\alpha},$$

d'où

$$T_1 = \frac{MV}{C\rho\alpha^2},$$

quand les pertes par frottements sont négligeables vis-à-vis des effets d'inertie, et quand $\omega = \Omega$ par glissement d'embrayage.

Pendant une seconde période, de durée T_2, au début de laquelle on est passé brusquement à la seconde démultiplication, le moteur retombe à une vitesse ω. L'embrayage subit donc *nécessairement* un glissement ($\omega < \rho v$), et le couple maximum qu'il peut supporter étant D, on obtient les deux égalités

$$(2)\qquad \begin{cases} T_2 C + J(\Omega - \omega) = T_2 D, \\ T_2 \rho D = M\left(v - \dfrac{V}{\alpha}\right), \end{cases}$$

d'où, par élimination de ω et v, vitesse atteinte lorsque le glissement de l'embrayage est terminé ($\omega = \rho v$),

$$(3)\qquad T_2 = \frac{J\Omega}{D - C}\cdot\frac{MV}{J\Omega\rho + MV}\cdot\frac{\alpha - 1}{\alpha}.$$

Enfin, puisque tout glissement a disparu, la troisième période T_3 est déterminée par

$$T_3 C\rho = M(V - v) + J\rho(\Omega - \varpi),$$

c'est-à-dire, compte tenu du système (2) qui détermine v et ω,

$$(4)\qquad T_3 = \frac{MV}{C\rho}\cdot\frac{\alpha - 1}{\alpha}.$$

Le temps total de la mise en vitesse est donc

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{MV}{C\rho}\cdot\frac{1}{\alpha^2} + \left[\frac{J\Omega MV}{(D - C)(J\Omega\rho + MV)} + \frac{MV}{C\rho}\right]\cdot\frac{\alpha - 1}{\alpha}.$$

En fonction de α, cette durée passe par un minimum pour

$$(5)\qquad \alpha = 2\,\frac{1}{1 + \dfrac{J\Omega C\rho}{(D - C)(J\Omega\rho + MV)}}.$$

Si le moment d'inertie J est très important, la formule (5) devient sensiblement

$$(6)\qquad \alpha = 2\,\frac{D - C}{D}.$$

Si le moment d'inertie est négligeable, cette expression passe par un minimum pour $\alpha = 2$, et devient alors

$$(7)\qquad T = \frac{MV}{C\rho}\cdot\frac{3}{4}.$$

Sans boîte de changement de vitesse on aurait (toujours en négligeant l'effet de J)

$$T' = \frac{MV}{C\rho}. \tag{8}$$

D'ailleurs, on pourrait généraliser les calculs précédents.

Si J est faible, et si les n démultiplications successives augmentent en progression géométrique de raison α, en partant de la plus faible, un calcul relativement simple conduit à la curieuse formule

$$T = \frac{MV}{C\rho}\left[\frac{1}{\alpha^{2(n-1)}} + \frac{\alpha^{2(n-1)}-1}{\alpha^{2(n-1)}-\alpha^{2(n-2)}}\cdot\frac{\alpha-1}{\alpha}\right]. \tag{9}$$

Pour $n=2$, on réalise le temps minimum avec $\alpha=2$, résultat déjà connu par ce qui précède. Bien entendu, pour $n=\infty$, α tend vers 1 et l'égalité (9) tend alors vers

$$T = \frac{MV}{2c\rho}; \tag{10}$$

c'est le cas du changement de vitesse progressif permettant de maintenir le moteur à sa pleine puissance $c\Omega$; si l'on compare (10) et (7), on voit qu'un tel changement de vitesse permet de réduire de moitié le temps de mise en vitesse.

Quand la résistance à l'avancement n'est plus négligeable, surtout dans l'évaluation du temps T_3; cette évaluation peut être obtenue sans difficulté, mais alors la valeur optimum de α ne peut être déterminée que par un procédé graphique [1]. Enfin, si au début du temps T_1, le moteur tourne à une vitesse ω_1, au lieu de la vitesse limite Ω, le second membre de la première égalité comporte le terme additif $J(\Omega-\omega_1)\rho\alpha$, mais ceci ne modifie ni la valeur optimum de α, ni les conclusions de la présente étude.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur le coefficient de Poisson des alliages sidérurgiques. Anomalie de ce coefficient liée à la transformation magnétique des ferronickels réversibles.* Note de MM. **Pierre Chevenard** et **Charles Crussard**, transmise par M. Léon Guillet.

La variation thermique du module de Young E et du module de Coulomb μ des métaux et des alliages a fait l'objet de nombreux travaux; mais on sait encore peu de choses quant aux effets de la température sur le rapport E/μ ou,

---

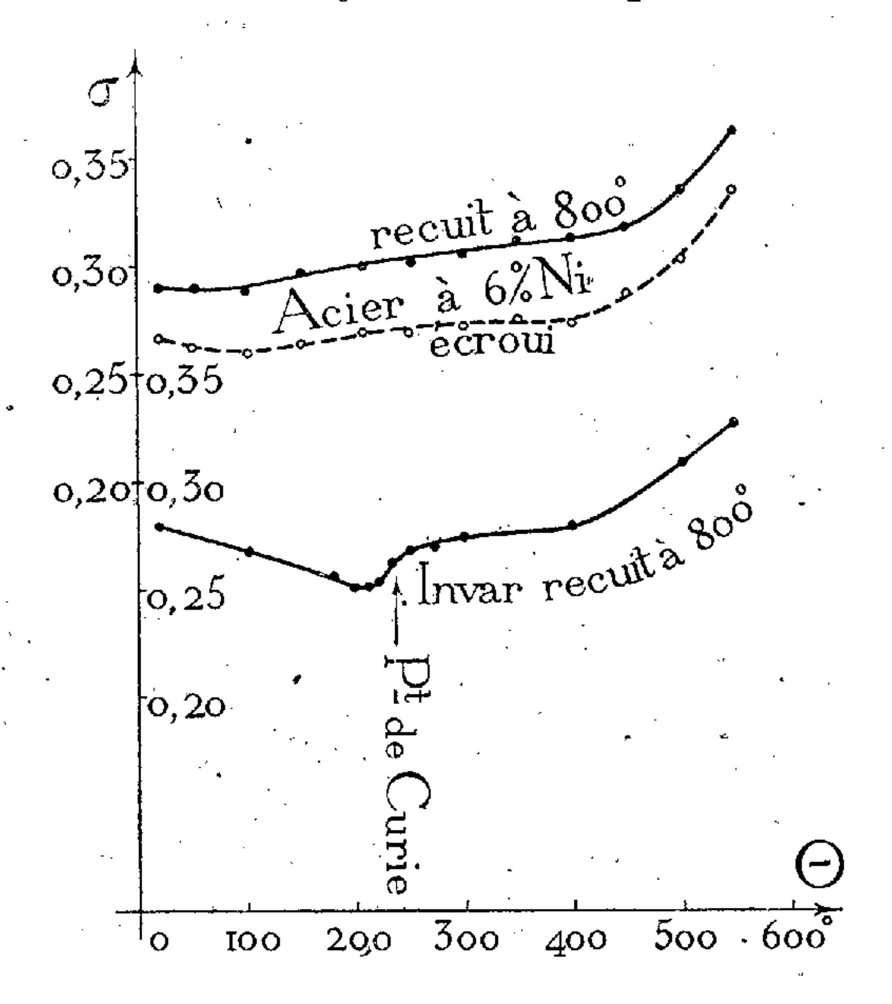
[1] Cependant, si l'on admet que la résistance à l'avancement est de la forme usuelle $F + K\rho^{-2}$, et si le moment d'inertie J est faible, on obtient

$$\alpha^3 - 2\,\frac{c\rho - F}{c\rho}\,\alpha^2 + \frac{KV^2}{c\rho} = 0, \tag{11}$$

d'où $\alpha = 2$ quand F et K sont négligeables.

ce qui revient au même, sur le coefficient de Poisson σ défini par la relation $1 + \sigma = E/2\mu$.

On ne peut rien obtenir de la comparaison des deux courbes *module-température* (E, θ), (μ, θ), si elles ont été déterminées sur des éprouvettes distinctes dont l'histoire thermique et mécanique n'est pas exactement identique. Les deux coefficients thermoélastiques, en effet, sont affectés sensiblement et de façon inégale par toutes les particularités de cette histoire. On ne peut même pas rapprocher avec sécurité les résultats obtenus sur une même éprouvette au cours de cycles thermiques distincts, pour peu que la



température ait dépassé 500° ou même 400°. La méthode de Kirchhoff (¹) échappe à cette critique.

Elle consiste, comme on le sait, à comparer les déformations d'un barreau soumis d'abord à une flexion pure, puis à une flexion superposée à une torsion. Ces déformations, créées par des couples connus, sont amplifiées par un miroir et enregistrées sur une plaque sensible. L'expérience est répétée à différentes températures.

Nous avons choisi cette méthode pour étudier le coefficient de Poisson de quelques alliages sidérurgiques à fer α et à fer γ. Pour les ferronickels, en particulier, il était intéressant de rechercher si la transformation magnétique réversible, qui affecte profondément la variation thermique des deux modules, s'accompagne aussi d'une anomalie du coefficient de Poisson. Cette question n'a pas qu'un intérêt scientifique : dans la fabrication de l'élinvar et des alliages à coefficient thermoélastique déterminé, il est avantageux de pouvoir

---

(¹) Voir H. Bouasse, *Élasticité et résistance des matériaux*, Paris, 1920, p. 263.

conclure du module μ, le plus facile à mesurer, au module E qui intervient dans la plupart des applications.

Avec les taux de fatigue admis dans nos expériences, inférieurs à 5 kg/mm², les courbes *torsion-flexion* enregistrées sont des droites réversibles dans le domaine de l'état rigide. Elles se transforment en cycles dès qu'apparaît le fluage, et nous avons l'intention de revenir sur cette manifestation de la viscosité. La présente étude est limitée au domaine de températures où le rapport des deux déformations de flexion et de torsion est expérimentalement bien déterminé. Voici nos premières conclusions :

1° Quand on fait croître la température des aciers proprement dits et des austénites amagnétiques, c'est-à-dire des alliages exempts de transformation polymorphique dans l'intervalle thermique exploré, le coefficient σ n'éprouve d'abord que des variations de faible amplitude. Puis la courbe (σ, θ) se relève à partir d'une température qui coïncide avec le seuil des phénomènes visqueux, repéré par la rapide croissance du frottement interne. Cette courbe offre d'ailleurs une étroite parenté d'allure avec celle du décrément mesuré au pendule de Coulomb sur les mêmes alliages.

2° A température ordinaire, le coefficient σ de l'invar et des ferronickels groupés autour de Fe^2Ni est supérieur à ce que donnerait la règle des mélanges (fer γ et nickel). Quand la température croît, σ commence par diminuer, puis se relève à l'approche du point de Curie. Il existe donc une *anomalie du coefficient de Poisson* liée à la transformation magnétique réversible de ces alliages.

On sait déjà que Fe^2Ni et les solutions solides voisines ont, par rapport à la loi des mélanges, un volume spécifique trop élevé, des modules d'élasticité trop faibles, un frottement interne trop fort. Comme toutes ces anomalies tendent à s'atténuer au fur et à mesure que le métal chauffé s'approche de l'état paramagnétique, il en résulte, au-dessous du point de Curie, une dilatabilité très faible, des coefficients thermoélastiques fortement positifs et des coefficients thermiques négatifs pour le frottement interne et le coefficient de Poisson. Le signe négatif de $d\sigma/d\theta$ à l'ambiante entraîne, pour le coefficient thermoélastique $(1/\mu_0)(d\mu/d\theta)$ de l'invar, une valeur supérieure à celle de $(1/E_0)(dE/d\theta)$, résultat antérieurement noté par Ch.-Ed. Guillaume.

3° Le coefficient de Poisson est affecté comme toutes les autres propriétés élastiques par les interventions thermiques ou mécaniques. Le recuit après tréfilage des aciers et des austénites amagnétiques relève légèrement le coefficient σ; l'effet est de signe opposé et beaucoup plus intense pour les ferronickels anomaux. La pente initiale de la courbe (σ, θ) est plus forte pour l'invar écroui que pour l'invar recuit : l'écrouissage n'affecte donc pas dans la même proportion les deux coefficients thermoélastiques.

Ce dernier résultat peut être rapproché d'un autre effet d'anisotropie

constaté par l'un de nous ([2]) : l'étirage d'un barreau d'invar en diminue la dilatabilité, et l'effet dans le sens transversal est deux fois et demi plus faible que dans le sens longitudinal.

ÉLECTROCHIMIE. — *Conductibilité des solutions d'azoture de thallium.* Note de Mme **Marie-Louise Brouty**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Les mesures de conductibilité ont été effectuées à 25° ± 0°,4 à l'aide d'un pont à fil de 30^m^ avec un oscillateur à lampe, et amplification.

Le tableau suivant donne les valeurs obtenues pour la conductibilité équivalente. L'erreur maximum est inférieure à 0,2 % (pour les mesures aux grandes dilutions, les valeurs sont corrigées de la conductivité de l'eau).

c équiv. gr./lit.	Λ.	γ (*).	f_+.	f_-.	K (*).
0,01450	124,5	0,885	0,883	0,911	$7,5.10^{-2}$
0,00725	128,5	0,893	0,866	0,926	4,3
0,00361	132,0	0,903	0,907	0,942	2,6
0,00181	137,0	0,928	0,940	0,957	2,2
0,00091	141,7	0,951	0,963	0,970	1,6
0,00045	144,0	0,962	0,974	0,979	1,1
0,00011	148,2	0,984	0,987	0,989	0,7

(*) Pour $\Lambda_\infty = 152$.

La courbe représentant les variations de Λ en fonction de $\sqrt{2c}$ a l'allure de celle d'un électrolyte incomplètement dissocié : l'extrapolation de la courbe pour la région des grandes dilutions, qui comporte quatre points en ligne droite, conduit à la valeur $\Lambda_\infty = 152$ ([1]). La pente de la tangente dans cette région est très différente de celle prévue par la théorie de Onsager pour un électrolyte fort du type 1 — 1 (225 au lieu de 66,7).

On est donc ainsi amené à calculer le coefficient de dissociation γ et la constante de dissociation K de cet électrolyte.

En combinant la formule d'Onsager pour un électrolyte incomplètement dissocié de ce type

$$\Lambda = \gamma(\Lambda_\infty - \alpha\sqrt{2c\gamma})$$

et la loi d'action des masses

$$K = \frac{c\gamma^2}{1-\gamma} \cdot f_+ \cdot f_-$$

(f_+ et f_- représentent les coefficients d'activité de N_3^- et de Tl^+), on calcule γ et K si l'on connaît Λ_∞ avec certitude.

([2]) *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, **17**, 1927, p. 110.

([1]) Valeur de beaucoup supérieure à celle que l'on déduit des conductibilités ioniques extraites de la littérature

$$\Lambda_\infty = l_{N_3^-} + l_{Tl^+} = 140,5.$$

Dans la plupart des cas, cette détermination exacte n'est pas aisée, et une erreur sur Λ_∞ entraîne une erreur d'autant plus grande sur K, que la fraction dissociée de l'électrolyte est plus grande. C'est pourquoi dans le cas de l'azoture de thallium Λ_∞ a été déterminé par approximations successives. Les valeurs de f_+ et f_- sont celles qui ont été précédemment obtenues (²).

Dans les limites compatibles avec les résultats expérimentaux

$$(150 < \Lambda_\infty < 154),$$

aucune valeur de Λ_∞ ne permet d'obtenir une valeur constante pour K; K décroît régulièrement avec c pour toutes les valeurs de Λ_∞ essayées (tableau).

Dans ces conditions on est amené à conclure que l'azoture de thallium se rapproche du type électrolyte fort, malgré la pente anormale de la tangente à la courbe.

Cette conclusion n'est d'ailleurs pas surprenante si l'on se réfère aux données thermodynamiques relatives à l'hydroxyde de thallium et à l'acide azothydrique. Tl(OH) doit être considéré comme un électrolyte fort. [Chaleur de neutralisation, par HCl 13,8 cal; par SO^4H^2 15,5 cal (³), tandis que N^3H est un acide faible ($1,6 < K.10^5 < 2,8$) (⁴).] Le comportement de N^3Tl doit être analogue à celui de CH^3CO^2Na par exemple.

D'autre part la courbe $\Lambda = \varphi(\sqrt{2c})$ présente nettement deux pentes différentes : pour la portion correspondant aux grandes dilutions ($\sqrt{2c} < 0,085$) $\alpha = 255$, pour la portion correspondant aux solutions plus concentrées ($0,085 < \sqrt{2c} < 0,170$) $\alpha = 66$, qui est précisément la pente de Onsager. Si l'on extrapole cette première partie de la courbe, comme on est en droit de le faire dans le cas d'un électrolyte fort, on trouve $\Lambda_\infty = 138$, valeur en assez bon accord avec celles de la littérature.

On peut alors penser que, à partir d'une certaine dilution, il se produit une réaction au sein de la solution (hydrolyse ou association ionique) qui modifie la nature de l'électrolyte.

MAGNÉTISME. — *La loi d'additivité des propriétés magnétiques dans les mélanges où interviennent des phénomènes d'absorption.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Paulette Berthier**, transmise par M. Aimé Cotton.

Des vérifications de Pascal (¹) et de Mme A. Cotton-Feytis (²), relatives à un grand nombre de composés minéraux, ont permis d'établir la loi d'additivité

(²) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 480.
(³) E. Petersen, *Z. physik. Chem.*, 4, 1884, p. 384; J. Thomsen, *J. prakt. Chem.*, 2e série, 12, 1875, p. 98.
(⁴) West, *J. Chem. Soc.*, 77, 1900, p. 707; M. Quintin, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 625.

(¹) *Thèse*, Paris, 1909.
(²) *Thèse*, Strasbourg, 1920.

des propriétés magnétiques. L'un de nous ([3]) a étendu ces vérifications aux solutions colloïdales et constaté qu'au cours de la dilution d'un sol d'hydrate ferrique le coefficient d'aimantation de l'hydrate conserve une valeur invariable. Nous nous sommes proposé d'examiner si la loi reste vraie lorsque interviennent des phénomènes d'adsorption dans les milieux soumis aux mesures magnétiques.

Nos expériences ont porté sur un sol d'hydrate ferrique et sur une solution de chlorure ferrique en présence d'un corps adsorbant constitué par de la bentonite. A 5^{cm^3} d'une suspension de bentonite on ajoutait 15^{cm^3} d'une solution d'hydrate ou de chlorure ferrique dont la concentration variait d'une expérience à l'autre. Dans les mélanges ainsi réalisés, la bentonite intervenait sous une concentration c et le chlorure ou l'hydrate ferriques sous une concentration variable c_1. On déterminait la masse spécifique ρ du mélange par la méthode du flacon et sa susceptibilité magnétique k à l'aide de la balance magnétique de Curie et Chéneveau (mesures effectuées à 16° C.)

Désignons par χ_0 le coefficient d'aimantation spécifique de l'eau, par χ celui de la bentonite, par χ_1 celui de l'hydrate ou du chlorure ferrique. Si la loi d'additivité des propriétés magnétiques se vérifie, on doit avoir

$$\chi_1 c_1 + \chi c + \chi_0(\rho - c - c_1) = k. \tag{1}$$

Désignant par k_0 la susceptibilité d'une suspension de bentonite de concentration c et de masse spécifique ρ_0, on aura

$$\chi c + \chi_0(\rho_0 - c) = k_0. \tag{2}$$

Retranchant membre à membre les équations (1) et (2), on a

$$(\chi_1 - \chi_0)c_1 + \chi_0(\rho - \rho_0) = k - k_0. \tag{3}$$

On peut tenter la vérification de la loi d'additivité des propriétés magnétiques en calculant, pour diverses valeurs de la concentration c_1, le premier membre de la relation (3) à partir des valeurs de k_1 fournies par une solution d'hydrate ou de chlorure ferriques de même concentration c_1, et comparant la valeur ainsi calculée à la valeur expérimentale de $k - k_0$.

Le tableau suivant fournit les éléments de cette vérification. (On a pris pour coefficient d'aimantation de l'eau $\chi_0 = -0{,}719 \cdot 10^{-6}$.)

Hydrate ferrique.

c_1.	χ_1.	$(k - k_0)_{obs}$.	$\frac{(k - k_0)_{calc}}{(k - k_0)_{obs}}$.
0,00880....	$+37{,}10 \cdot 10^{-6}$	$+0{,}7960 \cdot 10^{-6}$	0,412
0,01026....	—	0,7340	0,504
0,01173....	—	0,6928	0,608
0,01319....	—	0,6296	0,749
0,01466....	—	0,6106	0,873

([3]) A. Boutaric et R. Bonneviale, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 2, 1935, p. 1998.

Chlorure ferrique.

c_1.	χ_1.	$(k-k_0)_{obs}$.	$\frac{(k-k_0)_{calc}}{(k-k_0)_{obs}}$.
0,0020....	60,15.10⁻⁶	0,2148.10⁻⁶	0,512
0,0041....	82,38	0,4046	0,813
0,0061....	85,96	0,5606	0,914
0,0142....	95,32	1,3811	0,970
0,0162....	96,02	1,5873	0,969

Qu'il s'agisse d'hydrate ou de chlorure ferriques, les quotients

$$\frac{(k-k_0)_{calc}}{(k-k_0)_{obs}}$$

sont inférieurs à l'unité. Ils croissent avec c_1 et semblent tendre vers 1 quand c_1 croît de plus en plus. La loi d'additivité des propriétés magnétiques ne s'applique pas à de tels mélanges. Tout se passe comme si l'adsorption sur la bentonite entraînait un accroissement du coefficient d'aimantation de la substance fixée.

MAGNÉTISME. — *Viscosité du mercure soumis à l'action d'un champ magnétique.* Note de MM. **Georges Destriau** et **Guy Massieu**, transmise par M. Aimé Cotton.

Divers auteurs ont étudié l'action des champs magnétiques sur les coefficients de viscosité de certains liquides [1], mais ils n'ont donné aucune indication dans le cas du mercure. Les expériences sont d'ailleurs délicates à cause des perturbations importantes apportées par les courants de Foucault.

Dans nos mesures, le mercure s'écoule par gouttes à l'extrémité d'un tube capillaire placé entre les pièces polaires d'un électroaimant, les gouttes se formant hors du champ. L'écoulement s'effectue sous de fortes charges pouvant atteindre plus de deux mètres de mercure. Toutes les erreurs dues au diamagnétisme du mercure et au paramagnétisme de l'oxygène de l'air nous paraissent alors négligeables. Par contre, l'action des courants de Foucault reste très importante et peut masquer complètement le phénomène. Si le tube n'est pas trop fin (diamètre intérieur supérieur à quelques centièmes de millimètre), le débit se trouve réduit dans le champ par suite du freinage dû aux courants de Foucault. Pour un tube de 22/100 de millimètre, la diminution relative de débit croît même comme le carré du champ, ce qui

(1) Liebknecht et A. P. Wills, *Ann. der Phys. und Chem.*, **1**, 1900, p. 178; Sève, *Annales de Chimie et de Physique*, **27**, 1912, p. 189; Abonnenc, *Annales de Phys.*, **3**, 1925, p. 161; Miesowicz, *Nature*, **136**, 1935, p. 261; P. K. Raha et S. D. Chatterjee, *Indian J. Phys.*, **9**, 1935, p. 445; Chatterjee, *Indian J. Phys.*, **10**, 1936, p. 399; M. P. Volarovitch et D. M. Tolstoï, *J. Chim. Phys. Russe*, **8**, 1936, p. 619.

montre l'action prépondérante des courants de Foucault. La variation relative de débit est d'ailleurs indépendante de la charge.

En produisant l'écoulement dans des tubes de plus en plus fins avec des vitesses de plus en plus faibles malgré des charges d'écoulement élevées, la courbe donnant les variations relatives de débit en fonction du champ change d'aspect, la diminution relative de débit devient de plus en plus faible, puis, pour des tubes très fins et des vitesses très faibles, l'importance des courants de Foucault devenant de plus en plus réduite, on observe non plus une diminution mais au contraire un accroissement du débit. Ce débit passe par un maximum pour environ 15000 gauss, puis décroît à nouveau pour les champs très intenses.

Étant ainsi conduits à réduire de plus en plus les diamètres des tubes et les vitesses d'écoulement, nous avons opéré finalement avec un diamètre limite de 2/100 de millimètre et une vitesse d'écoulement de 1,7 cm/sec. Dans ces conditions, l'action des courants de Foucault est considérablement réduite et le débit s'accroît dans les champs magnétiques pour passer par un maximum à 13500 gauss; à ce moment, l'accroissement relatif du coefficient de viscosité est de 7 % (ce nombre se déduisant des variations de débit après correction due à ce qu'une partie seulement du capillaire est soumise à l'action du champ). Au delà de 13500 gauss, le débit décroît et il est difficile de dire s'il s'agit d'une modification du sens de variation du coefficient de viscosité dans les champs très intenses, ou si cette inversion n'est pas plutôt le fait des courants de Foucault qui reprendraient une valeur appréciable.

On peut se rendre compte de ce que, dans toutes ces expériences, l'échauffement du mercure par les courants de Foucault est insignifiant, et en tout cas très nettement insuffisant pour fournir une perturbation sensible du régime d'écoulement. D'ailleurs le débit ne s'accroît que pour les tubes très fins et les vitesses très faibles, c'est-à-dire précisément lorsque, les courants de Foucault étant très réduits, l'échauffement qu'ils produisent se trouve lui-même corrélativement réduit.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le rendement quantique de la décomposition photochimique des azotures et de l'acide azothydrique en solution.* Note de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Jacques Duclaux.

J'ai donné [1] les résultats des mesures de vitesse de décomposition des azotures alcalins en solution dans l'eau sous l'influence de la lumière ultraviolette (2537 Å).

J'ai indiqué que les résultats obtenus à faible concentration pouvaient s'interpréter en admettant un processus semblable à celui déjà proposé par

---

[1] *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 826.

R. Audubert pour la thermolyse et l'électrolyse des mêmes corps :

$$H^2O + N^3M + h\nu \rightarrow N^{2\star} + M(OH) + NH$$
$$H^2O + N^{2\star} + N^3M \rightarrow N^2 + N^{2\star} + M(OH) + NH$$

(où N^3M désigne un azoture métallique et $N^{2\star}$ l'azote activé).

D'autre part le groupement (NH) peut réagir sur l'eau pour donner divers produits de réaction (hydroxylamine, hydrazine), identifiés expérimentalement par Gleu ([2]). Cet auteur a également montré que la réaction

$$NH + NH \rightarrow N^2 + H^2$$

se produit.

Afin d'obtenir par une autre méthode des renseignements sur le processus de décomposition, j'ai étudié le rendement quantique de la réaction. Les mesures ont été faites pour 2537 Å. La réaction a été suivie colorimétriquement et par la mesure du pH.

La courbe qui figure le rendement quantique en fonction du temps présente : 1° une période d'induction; 2° une période de croissance rapide; 3° un palier, suivi d'une période de décroissance.

Son allure est semblable à celle de la courbe donnant la vitesse de réaction en fonction du temps.

Pour les azotures, les résultats sont indépendants du cation. Ils sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Azotures N^3Na, N^3K, N^3Li.

	Rendement quantique	
Concentration.	au début.	au palier.
Saturation	0,3	2.10^4
1,5N	0,7	$2,5.10^3$
N	0,7	6.10^3
N/5	10^{-1}	4.10^3
N/10	5.10^{-2}	$1,3.10^4$
N/100	3.10^{-2}	2.10^4
N/1000	10^{-2}	2.10^5

D'autre part on a, pour N^3H N/1000,

Rendement .... au début : $\cong 10^{-1}$; au palier : $\cong 10^5$.

La sensibilité de la pile n'a pas permis de descendre à des concentrations inférieures à N/1000.

Les très grandes valeurs du rendement quantique observées au palier confirment que l'on se trouve en présence d'une réaction par chaînes. Toutefois les faibles valeurs obtenues au début de la réaction indiquent que la décomposition est gênée à cette période, comme le montre d'ailleurs l'existence d'une induction.

([2]) Karl Gleu, *Ber. d. chem. Ges.*, 61, 1928, p. 702.

Les périodes d'induction présentées par l'acide azothydrique sont de beaucoup plus faible durée que celles des azotures. Dans ce dernier cas, si l'on ajoute de petites quantités de bases (NaOH, KOH, LiOH) aux solutions étudiées, la période d'induction disparaît presque totalement sans que le rendement au palier en soit modifié. La durée de la période d'induction est aussi fonction du pH de la solution et de l'intensité de la source lumineuse utilisée pour l'irradiation.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le noyau des Papavéracées.* Note de M[lle] **Marcelle Jouvenel-Marcillac**, présentée par M. Marin Molliard.

La famille des Papavéracées a été très peu étudiée au point de vue caryologique, et la plupart des travaux ne mentionnent que le nombre des chromosomes des diverses espèces; c'est pour cela qu'il nous a paru intéressant de préciser la structure nucléaire, et la formation des chromosomes chez les végétaux appartenant aux genres *Hypocoïdeæ, Eschscholtzieæ, Chelidonieæ, Papavereæ*. Pour cela, nous avons observé de jeunes boutons floraux fixés au Helly ou au Navaschine, et colorés par le violet de gentiane et la méthode de Feulgen. Nos recherches nous ont permis de constater d'une part la variété de structure des noyaux quiescents, d'autre part diverses modalités dans la formation des chromosomes au cours de la prophase.

Des noyaux réticulés s'observent dans les genres *Glaucium*, *Meconopsis*, *Papaver* et *Rœmeria*. Le réticulum chromatique, qui est plus ou moins dense et régulier, montre parfois des empâtements qui correspondent aux nœuds du réseau; les nucléoles sont en nombre variable. Au cours de la prophase, certaines travées du réticulum disparaissent, tandis que d'autres s'épaississent et deviennent plus chromatiques; de longs filaments zigzagants occupent toute la cavité nucléaire; après s'être clivés, ils se raccourcissent, et les chromosomes mieux individualisés acquièrent peu à peu leur aspect caractéristique.

Beaucoup de Papavéracées ont des noyaux à chromocentres; certains correspondent aux descriptions classiques des caryologistes, les autres présentent des caractères plus particuliers qui les rapprochent, soit des noyaux réticulés, soit des noyaux à prochromosomes. Le noyau d'*Eschscholtzia californica* contient un réticulum dense mais d'une extrême finesse, avec un ou deux chromocentres accolés à la paroi nucléaire; le nucléole porte une ou deux granulations volumineuses et très chromatiques. Dans cette plante la reprise de l'activité cinétique est marquée par l'apparition de filaments sinueux, mais assez courts, rappelant un dolichonema et qui se forment à partir du réseau et des chromocentres.

Chez *Chelidonium majus* et *Sanguinaria canadensis*, le noyau quiescent présente un réticulum lâche coloré en rose par le Feulgen, avec des chromocentres de tailles et de formes variées. A la prophase, de longs filaments

sinueux se forment à partir des chromocentres qui s'amincissent, et du réseau dont certaines travées disparaissent, tandis que celles qui sont au contact des granulations chromatiques se renforcent; puis les filaments chromosomiques se clivent, se raccourcissent et deviennent des chromosomes moyennement longs.

Dans les espèces *Hypecoum procumbens*, *Platystemon californicus*, *Argemone mexicana* et *Bocconia cordata*, nous assistons à des modifications progressives de la structure du noyau : le réseau devient lâche, léger, presque incolore; le nombre des chromocentres augmente et tend à se rapprocher de celui des chromosomes, enfin le suc nucléaire prend une coloration intense par la méthode de Feulgen. Chez *Hypecoum* et *Platystemon*, le noyau finement structuré contient des chromocentres petits et ovoïdes en nombre inférieur aux chromosomes. Au cours de la prophase, des chromocentres qui étaient invisibles dans le noyau quiescent réapparaissent, tandis que la coloration du suc nucléaire décroît. Les granulations chromatiques sont ovoïdes; parfois une fente se dessine suivant le grand axe de l'élément, marquant le début du clivage longitudinal; puis les chromosomes s'étirent et prennent l'aspect de petits bâtonnets.

Les noyaux d'*Argemone* et de *Bocconia* sont très voisins des noyaux prochromosomiques; l'enchylème, presque homogène, contient un nucléole, un réticulum très léger, peu visible, des granulations placées contre la paroi nucléaire et dont le nombre est voisin de celui des chromosomes. Au début de la mitose, l'on voit apparaître, aux extrémités des chromocentres, des prolongements à peu près rectilignes qui se chromatinisent, tandis que la coloration du suc nucléaire diminue; en fin de prophase les chromosomes ont l'aspect de courts bâtonnets.

L'étude de la prophase hétérotypique dans les cellules-mères du pollen nous a permis de constater que la formation des chromosomes ne s'effectue pas d'une manière uniforme chez toutes les Papavéracées. En effet le stade de deuxième contraction, qui précède l'appariement des chromosomes homologues lors des mitoses réductrices, s'observe dans les genres *Glaucium*, *Meconopsis* et *Papaver*. Nous n'avons pas retrouvé chez *Eschscholtzia*, *Chelidonium* et *Bocconia*, la disposition particulière des anses chromosomiques qui se groupent autour d'un centre de façon à orienter vers la périphérie leur convexité.

Nos recherches nous permettent donc d'affirmer l'existence de types nucléaires variés chez les Papavéracées; de plus, la prophase des noyaux chromocentriques présente plusieurs modalités : elle est à rapprocher, soit de celle des noyaux réticulés, soit de celle des noyaux à prochromosomes. Du point de vue caryologique, cette famille offre ainsi, comme celle des Orchidées d'après Mme Eftimiu-Heim (1941), tous les intermédiaires, entre des noyaux dont la chromatine est exclusivement à l'état de réseau, ou bien au contraire

presque entièrement condensée sous forme de chromocentres. Enfin le phénomène de seconde contraction, dont certains auteurs veulent faire un stade fondamental de la réduction chromatique, ne s'observe pas chez toutes les Papavéracées.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du milieu aquatique sur le métabolisme des protides.* Note de MM. **Raoul Combes**, **Arthur Brunel** et Mlle **Andrée Chabert**, présentée par M. Marin Molliard.

Parallèlement à nos recherches sur l'action de l'éclairement (1), expérimentant sur la même lignée de *Veronica Anagallis*, utilisant la faculté que possède cette plante de vivre aussi bien dans l'air qu'en immersion complète sous l'eau, nous avons entrepris d'étudier l'action du milieu aquatique sur l'absorption et l'élaboration des substances azotées.

Deux lots de plantes issues de graines identiques ont été cultivées sur un sol de même composition, l'un à l'air libre, à la lumière solaire directe, et l'autre en immersion dans l'eau. Le semis a été fait le 15 avril. Les quantités de composés azotés trouvées exprimées en milligrammes, et rapportées à une plante, sont réunies dans le tableau ci-dessous.

Dates des récoltes.	Conditions de culture.	Substance sèche.	Azote protéique.	Azote soluble.	Azote nitrique.	Azote ammon.	Azote amidé.
29 juin......	eau	322	9,60	1,99	1,10	0,26	0,12
	air	411	11,09	1,25	0,02	0,04	0,86
8 juillet....	eau	689	19,34	9,09	6,52	0,06	0,23
	air	1343	14,50	3,09	0	0,09	1,07
21 »	eau	1474	32,16	24,70	22,20	0,13	0,47
	air	1777	19,17	2,97	0	0,09	0,12
29 »	eau	4927	108,39	84,74	70,20	0,52	0,67
	air	1539	13,12	1,27	0	0	0

Nous retrouvons les faits déjà constatés par Mlle M.-T. Gertrude (2) sur cette même espèce : élaboration plus active des protéides dans les tissus vivant en immersion que dans ceux qui fonctionnent dans l'air, et surtout accumulation plus grande de substances azotées solubles chez les premiers que chez les seconds. Non seulement, comme le montre le tableau ci-dessus, pendant presque tout son développement, chaque plante immergée en contient plus que la plante d'air de même âge, mais encore à poids égal la substance de la première est plus riche que celle de la seconde; les taux respectifs sont 0,61 % de la substance sèche et 0,30 % chez la plante jeune, 1,32 et 0,23 % au 2e stade étudié, 1,67 et 0,11 % au 3e, 1,72 et 0,08 %, c'est-à-dire 20 fois plus, au 4e.

Le dosage des différentes formes de substances azotées solubles montre de

(1) R. Combes, A. Brunel et Mlle A. Chabert, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 681.

(2) *Revue générale de Botanique*, **49**, 1937, p. 161.

quoi sont composés ces dépôts importants que renferment les tissus vivant sous l'eau. Il s'agit presque uniquement de nitrates. Tandis que les plantes croissant dans l'air n'en contiennent que dans leur jeune âge, et en petites quantités, les individus cultivés sous l'eau, déjà beaucoup plus riches au début de leur développement, ne cessent d'en accumuler jusqu'à la fin de la végétation, la richesse de leurs tissus en azote nitrique passant successivement de 0,34 % de la substance sèche à 0,94, puis à 1,50 %, ce qui, calculé en nitrate de potassium, représente 10^{g},82 de ce sel pour 100^{g} de tissu sec, taux exceptionnellement élevé, grâce auquel les organes desséchés fusent lorsqu'on les incinère. L'azote ammoniacal et l'azote amidé demeurent par contre peu abondants.

Nous avons là un exemple remarquable des changements que peuvent apporter les facteurs du milieu dans la composition chimique d'un végétal. Suivant qu'elle se construit dans l'air ou sous l'eau, la plante étudiée élabore des tissus dépourvus de nitrates, ou bien au contraire en contenant une proportion pouvant dépasser 10 % des constituants totaux.

On a généralement expliqué les accumulations de nitrates qui se produisent chez les végétaux dans certaines conditions de milieu par le faible pouvoir réducteur et la faible activité de protéogénèse des tissus qui contiennent ces dépôts (Nightingale, Eckerson). Cette explication ne peut convenir au cas des plantes vivant sous l'eau, dont les tissus sont le siège d'une protéogénèse extrêmement active, et qui accumulent cependant des quantités considérables de nitrates.

Si l'on prend en considération le fait que les tissus qui se montrent riches en nitrates, ceux des organes formés sous l'eau, ceux des plantes vivant en lumière très atténuée, ainsi que ceux des organes jeunes, ont des caractères communs de structure physicochimique : tissus peu consistants, très hydratés, où la proportion de matière vivante est élevée et les accumulations de matériaux inertes très réduites, on peut se demander si, dans ces divers cas, l'accumulation de nitrates ne doit pas être attribuée à ces caractères physicochimiques mêmes plutôt qu'à une déficience de certaines activités physiologiques. A l'appui de cette manière de voir, il y a lieu de rappeler que ces trois sortes de tissus ne se rapprochent pas seulement par leur taux élevé en nitrates, mais aussi par leur richesse en minéraux fixes : le *Veronica Anagallis*, cultivé à l'air en pleine lumière, contient 22,5 % de minéraux fixes dans son jeune âge et 12,6 % seulement en fin de végétation; au moment de la fructification, les individus maintenus en lumière très atténuée en renferment 22,2 %, tandis que chez ceux cultivés en lumière solaire directe, la teneur s'abaisse à 10,8 %; enfin, chez les plantes vivant sous l'eau, où la transpiration est pourtant totalement supprimée, on en trouve 22,7 %, tandis que celles vivant dans l'air n'en contiennent que 10,8 % ([3]). Il est permis de penser que les trois sortes de

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1107.

tissus riches en nitrates doivent leur forte minéralisation à des caractères communs de structure physicochimique qui leur confèrent des facultés spéciales d'absorption et de fixation des sels minéraux et des nitrates en particulier.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Recherches sur la lactacidémie chez le Poisson d'eau douce*. Note de MM. **Marcel Secondat** et **Diégo Diaz**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Nous avons étudié les variations de la lactacidémie au cours d'un exercice forcé chez deux Téléostéens d'eau douce, la Carpe (*Cyprinus carpiol* L.) et la Tanche (*Tinca tinca* L.). On sait toute l'importance des travaux analogues qui ont été réalisés sur les Mammifères et sur les Batraciens, et qui ont conduit à attribuer un rôle capital à l'acide lactique dans le cycle de l'utilisation des glucides au cours de l'effort musculaire ([1]).

I. *Technique*. — Nos prélèvements ont été effectués par ponction cardiaque sur des animaux à jeûn pesant 400 à 600g, c'est-à-dire capables de supporter plusieurs saignées dans la même journée. On écaille la région située entre les nageoires pectorales; puis, au milieu de l'espace ainsi dégagé, on introduit une aiguille à biseau court, de manière à atteindre le cœur; le poisson est aussitôt retourné au-dessus d'un récipient dans lequel le sang s'écoule à gouttes précipitées. On recueille 2^{cm^3} qu'on reçoit sur oxalate fluoré et qu'on défèque aussitôt par l'acide trichloracétique. Après cette saignée, les poissons sont replacés dans l'eau courante à 8-10° et reprennent immédiatement leur station normale et leurs mouvements habituels; leur état reste parfaitement normal plusieurs semaines après la prise de sang, même lorsqu'on a pratiqué sur le même individu trois prélèvements de 2^{cm^3} environ à quelques heures d'intervalle. Pour le dosage de l'acide lactique, nous avons adopté la méthode de Friedeman, Cotonio et Shaffer ([2]), décrite par Rogeon ([3]).

II. *Lactacidémie chez le Poisson au repos*. — Nos animaux (carpes et tanches) ont été maintenus au repos à l'obscurité dans les bassins intérieurs d'environ 3^{m^3}. Nous avons trouvé les quantités suivantes d'acide lactique (en milligrammes pour 100^{cm^3} de sang).

							Moyenne.
Carpe.......	13	11,8	11,8	17,7	13	13,6	13,6
Tanche......	18	14,4	15,9	15,1	16	14,8	15,7

Les chiffres ainsi trouvés permettent de dégager les observations suivantes : 1° pour chacune des espèces étudiées, les écarts observés entre les divers individus sont très faibles; on peut parler d'une constante relative de la lactacidémie chez le Poisson au repos; 2° les moyennes établies dans les deux espèces (13,6 et 15,7) sont très voisines l'une de l'autre; 3° ces moyennes se rapprochent sensiblement de celles établies antérieurement ([1]) pour l'Homme au repos (17^{mg}) et pour le Chien ($18^{mg},9$).

([1]) Baïsset, Bugnard et Rogeon, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 51; L. Charlet, *Thèse de Médecine*, Toulouse, 1939.

([2]) Friedeman, Cotonio et Shaffer, *J. of Biol. Chem.*, **73**, 1927, p. 335.

([3]) M. Rogeon, *Recherches sur la teneur du sang en acide lactique* (*Thèse de Pharmacie*, Toulouse, 1937).

III. *Lactacidémie chez le Poisson soumis à un exercice forcé.* — Pour vérifier les effets du travail musculaire sur la teneur en acide lactique du sang des Poissons d'eau douce, nous avons opéré sur des tanches. Afin de provoquer chez ces animaux une dépense d'énergie considérable, nous les avons forcés à se déplacer rapidement pendant 15 minutes et sans interruption dans un long bassin rectangulaire, sous une faible épaisseur d'eau, celle-ci étant vigoureusement agitée au moyen d'une gaule. A la fin de l'exercice les poissons, visiblement fatigués, ne nageaient plus que mollement; nous pratiquions alors sur chaque individu trois prélèvements de sang successifs; le premier, immédiatement après l'exercice, le second et le troisième 2 et 6 heures après. Les résultats des dosages figurent dans le tableau suivant, où l'on a réparti les animaux en trois groupes, I, II et III, d'après l'évolution de la lactacidémie.

Lactacidémie après un exercice forcé chez la Tanche (température de l'eau 8 *à* 10°).

	Lactacidémie immédiatement		2 heures		6 heures après l'exercice.		
		Moyennes.		Moyennes.		Moyennes.	Remarques.
I.	46		28,4		16		survie
	33	52,9	23	23,81	14,8	15,94	»
	79,8		20,03		17,02		»
II.	68,5		81,2		53,7		survie
	35,4	52,63	42,8	60,73	21,2	39,97	»
	54		58,2		45		»
III.	44		50,1		52,6		survie
	52,5	53,90	65,5	67,52	112,8	94,72	mort après 48 h.
	39		52		58,5		survie
	79,5		102,5		155		mort après 36 h.

L'examen de ce tableau nous conduit aux constations suivantes :

1° Un exercice musculaire prolongé pendant 15 minutes détermine chez tous les poissons, immédiatement après l'effort, une élévation importante du taux de l'acide lactique sanguin.

2° Si nous examinons les chiffres qui expriment la lactacidémie 2 heures et 6 heures après l'exercice, des différences marquées apparaissent dans le comportement des animaux. Nous pouvons ainsi répartir nos poissons en trois groupes d'importance à peu près égale. Dans le groupe I, le taux d'acide lactique s'est considérablement abaissé après 2 heures, pour regagner la normale 6 heures après la fin de l'exercice. Dans le groupe II, la lactacidémie continue à s'élever nettement 2 heures après la fin de l'exercice; puis elle décroît sensiblement et se rapproche de la normale après 6 heures. Dans le groupe III, la lactacidémie, comme dans le groupe II, s'est accrue pendant les deux premières heures, mais au lieu de décroître par la suite, elle continue dans tous les cas à monter jusqu'à atteindre après 6 heures un chiffre parfois très élevé. Les animaux chez lesquels la lactacidémie reste ainsi très élevée après la sixième heure ont très difficilement supporté l'épreuve physique qui leur a été imposée : deux d'entre eux ont succombé dans les 48 heures, les deux autres ne sont revenus que très lentement à l'état normal.

Conclusions. — Il semble que chez le Poisson, comme chez les Mammifères, le sang s'enrichit fortement en acide lactique au moment de l'effort musculaire prolongé. Après quoi, le retour à la normale se produit rapidement (en moins

de 6 heures) chez les individus résistants. Chez les autres, le taux de la lactacidémie continue à croître après 6 heures : l'effort, qui généralement a été excessif, peut entraîner la mort de l'animal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la résistance au froid des œufs* récemment pondus *de* Bombyx Mori. Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

On sait depuis longtemps que les œufs de *Bombyx mori*, une fois qu'ils ont accompli la première phase de leur embryogenèse, peuvent supporter un séjour de plusieurs mois à la température de 0°, et même qu'une période de froid est nécessaire à la reprise de leur développement. Mais on n'a guère étudié l'action du froid sur l'œuf qui vient d'être pondu. Par les expériences qui font l'objet de la présente Note, je me suis proposé de déterminer quelle durée de refroidissement cet œuf peut supporter sans perdre l'aptitude au développement.

Des lots comprenant chacun une trentaine d'œufs sont portés à la glacière (0°) tout de suite après la ponte ; ils en sont retirés à intervalles réguliers, et soumis à une température favorable. Pour chaque lot, on note, dans les jours qui suivent, le pourcentage des virages (changements de la couleur de l'œuf qui indiquent le début de l'embryogenèse), et, au printemps suivant, celui des éclosions.

Voici les résultats de quelques essais, choisis parmi une trentaine.

Durée d'exposition au froid (en heures).	Pourcentages. Exp. *A*. (R. italienne, cocons blancs.)		Exp. *B*. — (Même race.)		Exp. *C*. — (Même race.)		Exp. *D*. (R. française, coc. jaunes.)		Exp. *E*. — (Même race.)	
	V.	E.	V.	E.	V.	E.	V.	E.	V.	E.
0 (Témoins).	100	100	95	93	100	95	95	95	100	95
12	—	—	—	—	—	—	6,6	6,6	0	0
18	56,5	52,1	—	—	—	—	—	—	—	—
24	94,1	79,4	4	4	13	0	33,3	25,6	12,5	9,3
36	78,2	78,2	5	0	0	0	0	0	72,7	72,7
48	25	12,5	30	10	4,6	0	0	0	7,6	0
60	—	—	5	0	8,3	0	0	0	0	0
72	0	0	4,5	4,5	1,6	0	0	0	—	—
84	10	0	12,5	12,5	—	—	—	—	—	—
96	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
108	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—
120	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—
132	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—

V, virages; E, éclosions.

Ainsi qu'on le voit, les résultats sont très irréguliers ; ils varient suivant les pontes et, dans une même ponte, suivant les œufs. Dans l'expérience *C*, les œufs, refroidis 24 heures à 0°, ne donnent pas une éclosion, alors que, dans l'expérience *B*, les œufs refroidis 84 heures donnent 12,5 % d'éclosions.

Dans la presque totalité des essais (29 sur 30), les œufs se sont montrés incapables d'un développement régulier après avoir subi 96 heures de froid : en général, ils en sont incapables après 84 et même 72 heures. Toutefois, dans une seule expérience (*K*), quelques éclosions (6 et 7 %) se sont produites dans des lots ayant subi respectivement 108 et 120 heures de froid.

Il convient en outre de remarquer que, dans plusieurs essais, le nombre des éclosions, au lieu de décroître à mesure que croît le temps de refroidissement, s'est montré plus élevé là où le froid avait été plus prolongé : par exemple, dans l'expérience *A*, on a 79,4 % d'éclosions pour 24 heures de froid, et seulement 52,1 pour 18 heures; dans l'expérience *D*, on en a 25,6 % pour 24 heures de froid, et seulement 6,6 % pour 12 heures etc.

Dans la ponte ci-dessus mentionnée (*K*), où quelques œufs ont éclos après 108 et 120 heures de froid, les lots de 36, 48, 72 et 96 heures n'ont donné aucune éclosion; de sorte qu'on peut se demander si le froid n'a pas exercé quelque action stimulante sur le développement de certains œufs [1].

Au moment où l'œuf de *Bombyx mori* vient d'être pondu, les pronucléi ne sont pas encore unis, et il est vraisemblable que l'un des effets du refroidissement est d'empêcher cette union. Or, si, avant de refroidir l'œuf, on attend 1 heure et demie à 2 heures, délai nécessaire pour que s'effectue l'union des pronucléi, on constate que la résistance au froid est notablement accrue.

Ainsi, dans une expérience où les œufs traités immédiatement après la ponte ne donnent aucune éclosion après 48 heures, on a encore des éclosions après 72 heures avec des œufs traités 2 heures plus tard; dans une autre, les œufs récemment pondus ne donnent rien après 96 heures; les œufs âgés de 2 heures donnent encore 20 % d'éclosions après le même délai; dans une troisième, les œufs récemment pondus ne donnent rien après 40 heures; les œufs âgés de 1 heure et demie donnent 15 % d'éclosions après 108 heures; dans une quatrième, les œufs récemment pondus ne donnent rien après 84 heures; les œufs âgés de 1 heure et demie donnent 10 % d'éclosions après 156 heures dans une cinquième enfin, les œufs récemment pondus ne donnent rien après 48 heures; les œufs âgés de 2 heures donnent encore 4 % d'éclosions après 168 heures.

La résistance au froid de l'œuf de *Bombyx mori* est donc manifestement accrue après la fusion des pronucléi.

---

(1) Il y aura lieu de rechercher ultérieurement, par les méthodes génétiques, si les œufs longuement refroidis tout de suite après la ponte ne présentent pas un comportement nucléaire anormal, comme cela se produit chez les Batraciens (J. Rostand, *C. R. Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 346; **115**, 1934, p. 1680; **122**, 1936, p. 1012. G. Fankhauser et Griffiths, *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington*, **25**, 1939).

PHARMACOLOGIE. — *Action comparée de l'anabasine et de la nicotine sur la préparation neuromusculaire de Grenouille.* Note de Mlle **Marcelle Beauvallet**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Nous devons la connaissance de l'anabasine à Orekhoff ([1]), qui l'isola, en 1929, de l'*Anabasis aphylla* (Chenopodiacées) et qui, deux ans plus tard, parvint à montrer que sa constitution est très voisine de celle de la nicotine; elle n'en diffère que par la présence d'un cycle pipéridinique au lieu du cycle méthylpyrrolidinique. Cette constitution, qui fut confirmée en 1937 par la synthèse ([2]), incita les pharmacologues à entreprendre l'étude de l'anabasine comparativement à celle de la nicotine ([3]). Il appartint à Haag ([4]), puis à Anitschkoff ([5]), de montrer que par action locale sur le ganglion sympathique cervical du Chat, l'anabasine se comporte comme la nicotine, savoir action d'abord excitante puis paralysante. Anitschkoff fit en outre une étude quantitative comparée de ces deux poisons, et il put conclure à une action plus faible de l'anabasine à la fois dans ses effets cardiaques, circulatoires et respiratoires.

Nous nous sommes proposé d'étudier le comportement de l'anabasine sur la préparation neuromusculaire de la Grenouille, qui n'a été examiné que superficiellement par Haag (*loc. cit.*). Cet auteur s'est borné, en effet, à immerger en entier cette préparation dans une solution d'anabasine au 1/10000 sans se préoccuper d'en examiner séparément les deux éléments, nerf et muscle; il a pu toutefois constater qu'il se produit un effet curarisant survenant plus lentement qu'avec la nicotine. Or s'il est bien établi ([6]) que la transmission de l'excitation du nerf au muscle est bloquée quand le muscle seul est immergé dans une solution de nicotine voisine du 1/10000, on sait également ([7]) qu'à la même concentration, ce poison n'a aucune action sur la fibre nerveuse, celle-ci ne paraissant avoir sa conduction interrompue que lorsque la nicotine se trouve à une concentration égale ou supérieure au 1/200.

Il était intéressant de rechercher s'il en est de même avec l'anabasine ([8]). Nous avons utilisé à cet effet la préparation sciatique-gastrocnémien de

---

([1]) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 945; A. Orekhoff et Menschikoff, *Ber. d. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 266.

([2]) Spaeth, *Ber. d. chem. Ges.*, 70, 1937, p. 70.

([3]) En réalité il conviendrait de comparer l'anabasine à la nor-nicotine, ou mieux la nicotine à la méthylanabasine, mais celle-ci n'a pas encore été préparée.

([4]) *Journ. of Pharmacol.*, 48, 1933, p. 95.

([5]) *Arch. Intern. Pharmacod.*, 51, 1935, p. 367.

([6]) Boehm, *Studien über Herzgifte Wurzburg*, 1871; Langley, *Journ. of Physiol.*, 47, 1913, p. 159; M. Lapicque, *Journ. Physiol. et Pathol.*, 20, 1922, p. 489.

([7]) Mazoue, *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 50; Raventos, *ibid.*, 110, 1932, p. 739.

([8]) L'anabasine que nous avons employée nous a été remise par M. Tiffeneau qui la tenait de M. Orekhoff; elle a été utilisée en solution aqueuse préparée au moment de l'expérience.

Grenouille (Rana esculenta), et nous avons mis les solutions d'anabasine en contact tantôt avec le muscle seul, tantôt avec le nerf, celui-ci étant dans tous les cas excité par des décharges de condensateurs.

1° *Action sur le muscle.* — Avec les solutions d'anabasine au 1/10000, il y a interruption de la conduction du nerf au muscle. Suivant le poids du gastrocnémien, le blocage se fait après un temps plus ou moins long; la moyenne de nos nombreuses expériences est d'environ 45 minutes avec la solution au 1/10000 et de 25 minutes avec la solution au 1/1000. Ces chiffres sont très voisins de ceux que nous avons obtenus avec la nicotine : 50 minutes pour la solution au 1/10000, 30 minutes pour la solution au 1/1000. Il semble donc que l'anabasine soit dans ce cas aussi active que la nicotine.

Si l'on considère le voltage liminaire provoquant la réponse musculaire pour une décharge de condensateurs de $2 \mu F$, on constate qu'il varie très peu pendant toute la durée de l'expérience. Il croît seulement, et en général assez faiblement, pendant les quelques minutes qui précèdent l'interruption de la conduction. En même temps on observe une forte diminution de l'amplitude de la contraction musculaire, le nombre des fibres atteintes par le poison devenant de plus en plus grand [2].

2° *Action sur le nerf.* — Le gastrocnémien restant immergé dans la solution de Ringer, on applique sur la cathode une goutte de la solution d'anabasine essayée. C'est seulement avec les solutions au 2/100 et au-dessus qu'on observe le blocage de la conduction nerveuse, celui-ci se produisant en moyenne en 25 minutes pour l'anabasine et en 30 minutes pour la nicotine. L'anabasine est donc sur le nerf aussi active que la nicotine, sinon plus.

Le voltage liminaire capable de produire la contraction musculaire monte ici progressivement, mais fortement, à mesure que le poison agit. Voici les chiffres fournis par une de nos expériences.

	Avant anabasine.	Après anabasine.							
Temps en minutes...	–	5	10	15	20	25	30	35	40
Volt. rhéob........	1	1,6	2,5	3,2	3,7	4,7	6,0	8,2	Blocage
Cw ($m f$).........	37	40	40	39	40	40	40	40	

En ce qui concerne la capacité chronaxique, nous n'avons jamais observé de variations aussi fortes que celles qui ont été signalées par H. Mazoué dans l'action de la nicotine sur le nerf : les variations de la chronaxie sont toujours très faibles. En aucun cas et pour aucune concentration, il n'y a eu augmentation de l'excitabilité du nerf sous l'action du poison.

Conclusion. — L'anabasine se comporte sur la préparation sciatique-gastrocnémien de Grenouille comme la nicotine : appliquée à dose faible (au 1/10000) sur le muscle, elle interrompt la transmission de l'exitation électrique du nerf au muscle; placée à forte dose (au 1/100) sur le trajet du nerf, elle interrompt à ce niveau la conduction de l'excitation électrique effectuée en deçà.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

---

(2) Signalons, au début de l'action de l'anabasine sur le muscle, une contracture accompagnée de secousses fibrillaires, analogue à celle observée avec la nicotine par Mme Lapicque.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUILLET 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** fait part que l'Académie a reçu confirmation du décès de trois de ses Associés étrangers, Sir **J. J. Thomson**, mort le 30 août 1940; M. **Tullio Levi-Civita**, mort à Rome le 29 décembre 1941, et Sir **W. H. Bragg**, mort le 12 mars 1942. Des Notices seront lues ultérieurement à l'Académie sur ses trois Associés étrangers disparus.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la théorie des corpuscules de spins quelconques*. Note (¹) de M. **Gérard Petiau**.

Nous avons montré (²) que la théorie des corpuscules de spins entiers de Fierz était équivalente à la théorie particulaire dans laquelle on considère le corpuscule de spin entier représenté par les solutions simultanées de $n = 2p$ systèmes d'équations d'ondes du type de Dirac, les 4^n fonctions d'ondes $\Phi_{i_1, i_2, \ldots, i_n}$ étant en outre symétriques par rapport à tous les indices $i_1, i_2, \ldots, i_n$. Mais cette théorie présente l'inconvénient de ne pas pouvoir s'étendre au cas de la présence d'un champ extérieur, même dans le cas des corpuscules de spin $h/2\pi$ (mésotons).

Nous nous proposons ici de montrer qu'une théorie plus générale peut lever un certain nombre de difficultés de la théorie précédente. En particulier, pour la particule de spin $\pm h/2\pi$, la nouvelle théorie présentée ici, qui admet l'introduction d'un champ extérieur, dans le cas où celui-ci est absent, est identique avec la théorie de cette particule que nous avons développée dans de précédents mémoires.

Nous considérerons ici la particule de spin $nh/4\pi$ représentée par les 4^n fonctions d'ondes $\Phi_{i_1, i_2, \ldots, i_n}$, solutions en l'absence de champ extérieur du

---

(¹) Séance du 29 juin 1942.

(²) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 610.

système d'équations d'ondes

$$(1)\quad \Sigma_\mu \partial_\mu \frac{1}{n}\left[(\gamma^\mu)_{i_1 m_1} + (\gamma^\mu)_{i_2 m_2} + \ldots + (\gamma^\mu)_{i_n m_n}\right] \Phi_{m_1, m_2, \ldots, m_n} = \lambda\, \Phi_{i_1, i_2, \ldots, i_n} \left(\lambda = -\frac{2\pi}{h} m_0 c\right),$$

les γ^μ formant n systèmes de quatre matrices de Dirac dans la même représentation.

Afin d'isoler la représentation corpusculaire correspondant à la particule de spin maximum, nous ne considérerons que les solutions symétriques par rapport aux indices $i_1, i_2, \ldots, i_n$, $\Phi_{i_1,\ldots,i_r,\ldots,i_s,\ldots i_n} = \Phi_{i_1,\ldots,i_s,\ldots,i_r,\ldots i_n}$, et nous définirons comme précédemment les opérateurs $\eta^{a_1,\ldots,a_p}_{i_1,i_2,\ldots i_{2p}}$ ($n = 2p$ ou $n = 2p + 1$) tels que

$$\eta^{a_1,a_2,\ldots,a_p}_{i_1,i_2,\ldots,i_{2p}} = (\mathrm{R}\gamma^{a_1})_{i_1 i_2}(\mathrm{R}\gamma^{a_2})_{i_3 i_4}, \ldots, (\mathrm{R}\gamma^{a_p})_{i_{2p-1} i_{2p}},$$

R étant défini par $\mathrm{R}\gamma^\mu \mathrm{R}^{-1} = \gamma^{\mu-}$.

Ces opérateurs permettent de définir des grandeurs tensorielles et mixtes

$$\Phi^{a_1,a_2,\ldots,a_p} = \Sigma_{i_1,i_2,\ldots,i_{2p}} \eta^{\ddot{a}_1,\ddot{a}_2,\ldots,\ddot{a}_p}_{i_1,i_2,\ldots,i_{2p}} \Phi_{i_1,i_2,\ldots,i_{2p}}, \qquad \Phi^{a_1,a_2,\ldots,a_p}_{i} = \Sigma_{i_1,i_2\ldots,i_{2p}} \eta^{\ddot{a}_1,\ddot{a}_2,\ldots,\ddot{a}_p}_{i_1,i_2,\ldots,i_{2p}} \Phi_{i_1,i_2,\ldots,i_{2p},i_{2p+1}}.$$

Si l'on applique aux équations (1) les opérations $\Sigma_{i_1,\ldots,i_{2p}} \eta^{a_1,a_2,\ldots,a_p}_{i_1,i_2,\ldots,i_{2p}}$, nous obtiendrons des équations entre grandeurs tensorielles ($n = 2p$) ou mixtes ($n = 2p + 1$). Nous avons ainsi, par exemple, pour les corpuscules de spin $(3/2)(h/2\pi)$ et $2.(h/2\pi)$, les systèmes

$$\text{spin } \frac{3}{2}\cdot\frac{h}{2\pi}\ \text{(A)} \begin{cases} 2(\partial_\nu \Phi^\mu_i - \partial_\mu \Phi^\nu_i) + \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon (\gamma^\varepsilon)_{im} \Phi^{(\mu\nu)}_m = 3\lambda\, \Phi^{(\mu\nu)}_i, \\ 2(\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{(\mu\varepsilon)}_i) \qquad + \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon (\gamma^\varepsilon)_{im} \Phi^\mu_m = 3\lambda\, \Phi^\mu_i; \end{cases}$$

$$\text{spin } 2\cdot\frac{h}{2\pi}\ \text{(B)} \begin{cases} \partial_\nu \Phi^{\mu,(\rho\sigma)} - \partial_\mu \Phi^{\nu,(\rho\sigma)} + \partial_\sigma \Phi^{(\mu\nu),\rho} - \partial_\rho \Phi^{(\mu\nu),\sigma} = 2\lambda\, \Phi^{(\mu\nu),(\rho\sigma)}, \\ \partial_\nu \Phi^{\mu,\rho} - \partial_\mu \Phi^{\nu,\rho} + \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{(\mu\nu),(\rho\varepsilon)} = 2\lambda\, \Phi^{(\mu\nu),\rho}, \\ \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{(\mu\varepsilon),\rho} + \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\mu,(\rho\varepsilon)} = 2\lambda\, \Phi^{\mu,\rho}. \end{cases}$$

On voit facilement que le système (A) entraîne les équations auxiliaires

$$\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon (\gamma^\varepsilon)_{im} [\Sigma_\mu \partial_\mu \Phi^\mu_m] = 3\lambda [\Sigma_\mu \partial_\mu \Phi^\mu_i], \qquad \Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon (\gamma^\varepsilon)_{im} [\Sigma_\rho \partial_\rho \Phi^{\sigma\rho\star}] = 3\lambda [\Sigma_\rho \partial_\rho \Phi^{\sigma\rho\star}],$$

correspondant à des états corpusculaires de spin $(1/2)(h/2\pi)$ et de masse $3m_0$.

Le système (B) nous donne les équations auxiliaires

$$\partial_\nu [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon,\mu}] - \partial_\mu [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon,\nu}] = 2\lambda [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon,\mu\nu}], \qquad \Sigma_\nu \partial_\nu [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon,\mu\nu}] = 2\lambda [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon,\mu}],$$

$$\partial_\nu [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon\sigma\star,\mu}] - \partial_\mu [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon\sigma\star,\nu}] = 2\lambda [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon\sigma\star,\mu\nu}], \qquad \Sigma_\nu \partial_\nu [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon\sigma\star,\mu\nu}] = 2\lambda [\Sigma_\varepsilon \partial_\varepsilon \Phi^{\varepsilon\sigma\star,\mu}],$$

qui entraînent les conditions du second ordre

$$\Sigma_{\varepsilon,\rho} \partial_\varepsilon \partial_\rho \Phi^{\varepsilon,\rho} = 0, \qquad \Sigma_{\varepsilon,\rho} \partial_\varepsilon \partial_\rho \Phi^{\rho,\mu\varepsilon\star} = 0, \qquad \Sigma_{\varepsilon,\rho} \partial_\rho \partial_\varepsilon \Phi^{\mu\varepsilon\star,\nu\rho\star} = 0,$$

correspondant à des états de spin $h/2\pi$ et de masse $2m_0$.

Le système (1) peut se mettre sous forme hamiltonienne. Si nous le multiplions par $(\gamma^4)_{i_1 m_1} (\gamma^4)_{i_2 m_2} \ldots (\gamma^4)_{i_n m_n}$ et si nous posons

$$(\alpha_p)_{i_r m_r} = (i\gamma^p \gamma^4)_{i_r m_r}, \qquad (\alpha_4)_{i_r m_r} = (\gamma^4)_{i_r m_r},$$

le système (1) s'écrit

$$\partial_t A_4 \Phi = [\Sigma_p \partial_p A_p - \varkappa m_0 c A_0] \Phi \qquad \left(\varkappa = \frac{2\pi i}{h}\right), \tag{2}$$

avec

$$A_4 = \frac{1}{n}\left[\sum_r (\alpha_4)_{i_1 m_1} \dots (\alpha_4)_{i_{r-1} m_{r-1}} (1)_{i_r m_r} (\alpha_4)_{i_{r+1} m_{r+1}} \dots (\alpha_p)_{i_n m_n}\right],$$

$$A_p = \frac{1}{n}\left[\sum_r (\alpha_4)_{i_1 m_1} \dots (\alpha_4)_{i_{r-1} m_{r-1}} (\alpha_p)_{i_r m_r} (\alpha_4)_{i_{r+1} m_{r+1}} \dots (\alpha_4)_{i_n m_n}\right], \qquad A_0 = \prod_r^n{}_1 (\alpha_4) i_r m_r.$$

Si nous substituons aux indices i'_r, m'_r variant de 1 à 4 un double système d'indices variant sur 1 et 2 et si nous substituons aux notations $(\alpha_p) i_r m_r$, $(\alpha_4) i_r m_r$, $\Phi i_1, \dots, i_n$, les notations $(\alpha_p) i_r k_r$; $m_r p_r = (\sigma_p) i_r m_r$; $(\rho_1) k_r p_r$; $(\alpha_4) i_r k_r$; $m_r p_r = (\rho_3) k_r p_r \delta i_r m_r = -(-1)^{k_r} \delta i_r m_r \delta k_r p_r$, $\Phi_{i_1} k_1, i_2 k_2, \dots i_n k_n$, les fonctions d'ondes étant symétriques par rapport aux couples $i_r k_r$, nous obtenons, en désignant par $\Phi^{(k)}_{i_1 k_1, i_2 k_2, \dots i_n k_n}$ les fonctions d'ondes possédant k indices k_r ayant la valeur 1, le système

$$(-1)^{n+k}\left(\frac{n-2k}{n}\right) \partial_t \Phi^{(k)}_{i_1 k_1, i_n k_n} = (\Sigma_p \partial_p A_p - \varkappa m_0 c A_4)^{(k, k')}_{i_1 k_1, \dots, i_n k_n; m_1 p_1, \dots, m_n p_n} \Phi^{(k')}_{m_1 p_1, \dots, m_n p_n}.$$

Par suite, si n est impair ($n = 2p + 1$), l'évolution de toutes les fonctions d'ondes est déterminée directement par le système (2), et l'opérateur $H = \Sigma_p \partial_p A_p - \varkappa m_0 c A_0$ peut être considéré comme opérateur hamiltonien du système. Par contre, si n est pair, H ne peut être pris comme hamiltonien que si $k \neq k_0 = n/2$, les équations du système se répartissant en deux groupes, le premier pour $k \neq k_0$ formé d'équations d'évolution, le second pour $k = k_0$, d'équations de conditions.

ÉLECTRONIQUE. — *Application des impulsions de rayons X à la mesure de la mobilité des électrons dans les gaz.* Note [1] de M. **Pierre Herreng**, présentée par M. Charles Mauguin.

La mobilité des électrons dans les gaz est généralement déterminée, soit par la méthode indirecte de Townsend [2], qui utilise la déviation du faisceau d'électrons par un champ magnétique transversal, soit par la méthode plus directe de L. B. Loeb [3], dans laquelle les électrons sont soumis à l'action d'un champ électrique alternatif, mais qui nécessite des corrections assez incertaines pour tenir compte de la variation de la mobilité avec l'intensité du champ électrique. La méthode tout à fait directe décrite ici n'implique aucune correction de ce genre.

---

(1) Séance du 15 juillet 1942.

(2) Townsend et Bailey, *Phil. Mag.*, 43, 1922, p. 593.

(3) *Phys. Rev.*, 23, 1924, p. 157.

La chambre d'ionisation utilisée est un tube cylindrique en pyrex dans lequel sont logées deux électrodes métalliques planes et parallèles, distantes de 12 centimètres. Des fentes convenablement disposées permettent d'envoyer dans la chambre un pinceau étroit de rayons X se propageant parallèlement aux électrodes, à une distance quelconque de celles-ci. La chambre contient de l'argon (très soigneusement purifié) sous une pression de 340^{mm} de mercure (à la température de 22° C.). Entre les électrodes existe un champ électrique uniforme et constant de 31 volts/cm.

Le tube à rayons X est soumis à des impulsions de tension par le procédé que j'ai décrit dans une précédente Note [1]. La durée des impulsions est de l'ordre d'une micro-seconde, leur fréquence de 50 par seconde. Tous les ions produits dans la chambre par une impulsion de rayons X sont recueillis par les électrodes avant que ne se produise l'impulsion suivante. Dans le circuit de la chambre est intercalée une résistance connectée à l'entrée d'un amplificateur à large bande passante. La tension amplifiée est appliquée aux plaques de déviation verticale d'un tube à rayons cathodiques. Le spot de ce tube est en outre animé d'un mouvement périodique de balayage horizontal, de fréquence égale à celle des impulsions, et déclenché en même temps que l'impulsion sur le tube à rayons X par le même petit générateur d'impulsions auxiliaire. Le déplacement horizontal du spot étant une fonction linéaire du temps pendant la traversée de l'écran du tube cathodique, ce spot dessine, en définitive, une courbe représentant fidèlement les variations en fonction du temps du courant dans le circuit de la chambre, entre deux impulsions successives.

On voit aisément que ce courant apparaît par influence au moment même de l'impulsion et garde une intensité constante tant que des charges électriques des deux signes se déplacent entre les électrodes. L'arrivée sur l'anode des électrons, beaucoup plus rapides que les ions positifs, se traduit par une brusque discontinuité de la courbe $i=f(t)$. On pourrait déduire la vitesse de progression des électrons dans le sens du champ électrique de la mesure de la distance séparant, sur l'écran de l'oscillographe, cette discontinuité de l'origine du balayage, la vitesse de balayage et le trajet parcouru par les électrons étant connus d'autre part. En fait la région où les électrons prennent naissance n'est pas exactement limitée à l'étendue géométrique du faisceau de rayons X dans la chambre. D'autre part les phénomènes de diffusion provoquent un étalement non négligeable du nuage d'électrons au début de son parcours. On observe donc, en réalité, une décroissance rapide de la courbe $i=f(t)$ au lieu d'une discontinuité brusque. Pour éliminer ces causes d'incertitude, on fait plusieurs expériences en modifiant à chaque fois d'une quantité connue la longueur du trajet parcouru par les électrons. Il suffit pour cela de déplacer la chambre dans une direction perpendiculaire aux électrodes. On mesure

(1) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 421.

avec précision la quantité dont se déplace, dans son ensemble, d'une expérience à une autre, la discontinuité de la courbe $i = f(t)$ sur l'écran de l'oscillographe. On en déduit immédiatement la vitesse de progression des électrons dans le sens du champ.

J'ai ainsi trouvé, dans les conditions indiquées ci-dessus (argon pur sous une pression de 340^{mm} de mercure), une vitesse de progression des électrons de $2,37.10^5$ cm/sec dans un champ de 31 volts/cm, ce qui correspond à une mobilité de 7650 cm/sec par volt/cm. En portant cette valeur dans l'équation théorique de K. T. Compton (5), on trouve pour le libre parcours moyen des électrons dans l'argon, à 0° C. et sous une pression de 1^{mm} de mercure : $l_0 = 91,6.10^{-3}$ cm. Cette valeur se rapproche davantage de la valeur prévue par la théorie cinétique des gaz (38.10^{-3} cm) que celles de Townsend (6) et H. B. Wahlin (7).

On peut remarquer que la méthode décrite ci-dessus est générale et peut s'appliquer à des ions de mobilité quelconque.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation des phosphures de cuivre par électrolyse ignée*. Note de M. **Marcel Chêne**, présentée par M. Paul Lebeau.

On a signalé comme provenant de diverses réactions chimiques les phosphures de cuivre PCu^3, P^2Cu^5, PCu^2, P^2Cu^3, PCu, P^2Cu. L'étude thermique du système cuivre-phosphore a conduit à ne retenir que les composés définis PCu^3, P^2Cu^5 et PCu.

En 1939, H. Haraldsen (1), à la suite de mesures de pression de la vapeur de phosphore et de recherches radiographiques sur des produits réalisés par synthèse, n'admet plus que les deux phosphures PCu^3 et P^2Cu.

J'ai repris l'étude des phosphures de cuivre en appliquant la méthode de préparation des produits binaires par électrolyse ignée due à J.-L. Andrieux (2), ainsi que je l'avais fait antérieurement pour d'autres phosphures (3).

Par électrolyse, avec le dispositif habituel, de phosphates fondus tenant en dissolution soit un oxyde, soit un chlorure de cuivre, les phosphures se forment à la cathode à l'état cristallisé; on les isole en traitant les bains refroidis par l'acide chlorhydrique étendu. Le tableau suivant indique les conditions et les résultats d'une série d'électrolyses effectuées avec le métaphosphate de sodium

(5) *Phys. Rev.*, 22, 1923, p. 432.
(6) Townsend et Bailey, *Phil. Mag.*, 44, 1922, p. 1033.
(7) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 260.

(1) *Zeits. anorg. Chem.*, 240, 1939, p. 337.
(2) *Thèse*, Paris, 1929; *Ann. Chim.*, 12, 1929, p. 423; *C. R. du XVIIIe Congrès de Chimie ind.*, Nancy, 1938.
(3) M. Chêne, *Thèse*, Grenoble, 1940.

comme dissolvant, un creuset de charbon servant d'anode et une tige de carbone, que l'on change toutes les 10 minutes, de cathode.

Constituants des bains.	Temp. moyenne (°).	Tension moyenne (V).	Intensité moyenne (A).	Nombre de cathodes.	Teneur en phosphore des cristaux (%).
1. $P^2O^5Na^2O + 1/2\,ClCu$	600	10	15	6	0–0,5–5,1–13,9 13,7–16,6
2. $P^2O^5Na^2O + 1/4\,CuO + 1/4\,FNa$	700	6	20	3	2,5–3,6–6,5
3. $P^2O^5Na^2O + 1/6\,CuO + 1/4\,FNa$	650	10	15	6	13,5–13,9–13,8 13,9–13,9–15,5
4. $P^2O^5Na^2O + 1/8\,CuO + 1/4\,FNa$	650	10	20	3	13,9–17,0–19,6
5. $P^2O^5Na^2O + PO^3H + 1/8\,CuO + 1/4\,FNa$	650	12	15	5	19,6–19,5–19,9 20,1–23,7
6. $P^2O^5Na^2O + 1/16\,Cl^2Cu$	650	10	15	4	19,6–19,8–19,7 27,5

Dans les bains à teneurs élevées en oxyde ou en chlorure dissous, du cuivre se dépose vraisemblablement par réaction primaire : les produits cathodiques forment des *boules* volumineuses et les cristaux sont abondants, tandis que dans les bains pauvres en cuivre les phosphures se forment par le jeu des réactions secondaires consécutives à la libération du sodium : les phosphures de cuivre sont accompagnés de phosphure alcalin. Corrélativement, la densité de courant à la cathode influe sur la composition des cristaux ; si on la diminue, les teneurs en phosphore des produits sont abaissées.

Les courbes que l'on peut tracer, pour les électrolyses de longue durée, en portant en abscisses les temps et en ordonnées les teneurs en phosphore des cristaux, présentent un palier, particulièrement net, pour l'essai n° 3 et bien marqué pour l'essai n° 5. On peut aussi réunir, sur un même graphique, l'ensemble des résultats de ces expériences en indiquant en abscisses les rapports molaires $P^2O^5/[CuO(\text{ou } CuCl)]$ caractérisant la composition des bains, et en ordonnées les pourcentages de phosphore des cristaux formés après un temps donné; ce graphique fait apparaître deux paliers qui correspondent à deux phosphures contenant, l'un 13,9 % de phosphore et 86,1 % de cuivre, l'autre 19,6 % de phosphore et 80,4 % de cuivre, c'est-à-dire à deux composés de formules PCu^3 et PCu^2.

L'aspect des phosphures de cuivre varie avec leur teneur en phosphore. Les alliages pauvres sont cristallisés en aiguilles et ils ont la couleur du cuivre, puis, la richesse en phosphore croissant, les cristaux deviennent plus petits et leur teinte plus sombre ; le phosphure PCu^3, de densité 7,09 à 20°C., est formé de cristaux de couleur gris foncé ; le composé de formule PCu^2 se présente en cristaux de couleur brun foncé, sa densité à 20°C. est 5,51.

Tous ces corps s'oxydent à l'air chaud, ils sont faiblement attaqués par l'acide chlorhydrique, ils réduisent l'acide sulfurique concentré et chaud ; l'acide nitrique attaque énergiquement les cristaux ayant l'aspect du cuivre,

tandis qu'il réagit sans violence avec les phosphures PCu^2 et PCu^3. Sous l'action de la chaleur, le phosphure PCu^2 émet facilement du phosphore qui s'enflamme. Les propriétés chimiques de ce composé sont analogues à celles des produits de même formule qui avaient été obtenus par plusieurs auteurs, par voie purement chimique.

Somme toute, j'ai montré que l'électrolyse du métaphosphate de sodium fondu, tenant en dissolution des quantités convenables d'oxyde ou de chlorure de cuivre, donne, à l'état bien cristallisé, du cuivre ou des phosphures. Deux composés définis, PCu^3 et PCu^2, ont été isolés.

SPECTROSCOPIE. — *Contribution à l'étude du spectre ultraviolet de la molécule d'azote.* Note [1] de Mme **Renée Herman** et M. **Louis Herman**, transmise par M. Charles Fabry.

L'azote émet, dans l'ultraviolet, un spectre composé de plusieurs systèmes de bandes. Lorsque la pression croît, certaines de ces bandes s'affaiblissent notablement alors que d'autres augmentent d'intensité. Pour une pression de l'ordre de quelques centièmes de millimètre de mercure, on trouve, avec une intensité relativement grande, un système de bandes signalé pour la première fois par J. Kaplan [2]. Celui-ci admet que le niveau inférieur du système est le même que celui des bandes de van der Ziel [3]. Dans ce cas les différences des nombres d'onde des bandes correspondantes devraient être les mêmes. Afin de vérifier s'il en est bien ainsi, nous avons photographié les bandes de Kaplan à l'aide d'un spectrographe à optique de quartz donnant une dispersion de 8 Å par millimètre environ vers 2500 Å.

Les longueurs d'onde trouvées figurent dans le tableau ci-dessous. Les différences des nombres d'onde sont inscrites entre les colonnes et les lignes. Dans la dernière ligne, nous avons indiqué les différences correspondant au niveau

	1.		2.		3.		4.
0	2536,55 (2536)		2636,15 (2636)		2741,7 (?) (2740)		
	39411,8		37922,9		36463		
		1488,9					
	1711,2		1711,5				
1	2431,0 (2432)		2522,3 (2522)		2619,25 (2620)		2722,0 (2720)
	41123,0		39634,4		38167,5		36726,9
		1488,6		1466,9		1441	
		1481		1459		1435	

[1] Séance du 15 juillet 1942.

[2] *Physical Review*, 46, 1934, p. 631; *Nature*, 134, 1934, p. 538.

[3] Van der Ziel, *Physica*, 1, 1934, p. 353.

inférieur des bandes de van der Ziel. Les longueurs d'onde entre parenthèses sont extraites du travail de Kaplan. La bande 2742 Å est diffuse et n'a pu être mesurée avec précision par suite de sa superposition à la bande 2743 Å de van der Ziel. La comparaison des nombres du tableau montre qu'*il n'y a pas identité entre les niveaux inférieurs des deux systèmes*. Il en est d'ailleurs de même pour le facteur d'anharmonicité $\omega_e x_e$ qui est égal à 11,05 cm^{-1} au lieu de 11,55 cm^{-1} dans le cas des bandes de van der Ziel. L'énergie de dissociation fournie par la relation $D = \omega^2/(4\omega_e x_e)$ est plus grande : ce niveau est plus stable et son énergie électronique probablement plus faible.

Les deux niveaux de vibration supérieurs sont distants de 1711,5 cm^{-1}. Il est à remarquer que ce nombre est voisin de 1706 cm^{-1}, différence entre les premiers niveaux de vibration B_0 et B_1 du premier groupe positif.

Les bandes (o, v'') ne ressemblent pas aux bandes (1, v''). Ces dernières sont accompagnées d'autres têtes dont les longueurs d'onde sont

2518,2		2614,8		2717,3 Å
(39698,9)		(38232,4)		(36790,5)
	1466,5		1442	

Les différences des nombres d'ondes indiquent que ces nouvelles bandes ont le même niveau inférieur que les précédentes. Avant que leur analyse ne soit faite, il n'est pas possible de dire si elles constituent réellement un système de bandes entièrement différent du premier ou si, simplement, il y a disparition de certaines branches dans les bandes (o, v'') par suite d'une perturbation due à un autre niveau. On sait en effet que de telles perturbations sont observées dans les premier et quatrième groupes positifs de l'azote, où le niveau $B^3\pi_0$ se trouve particulièrement exalté, surtout à basse température.

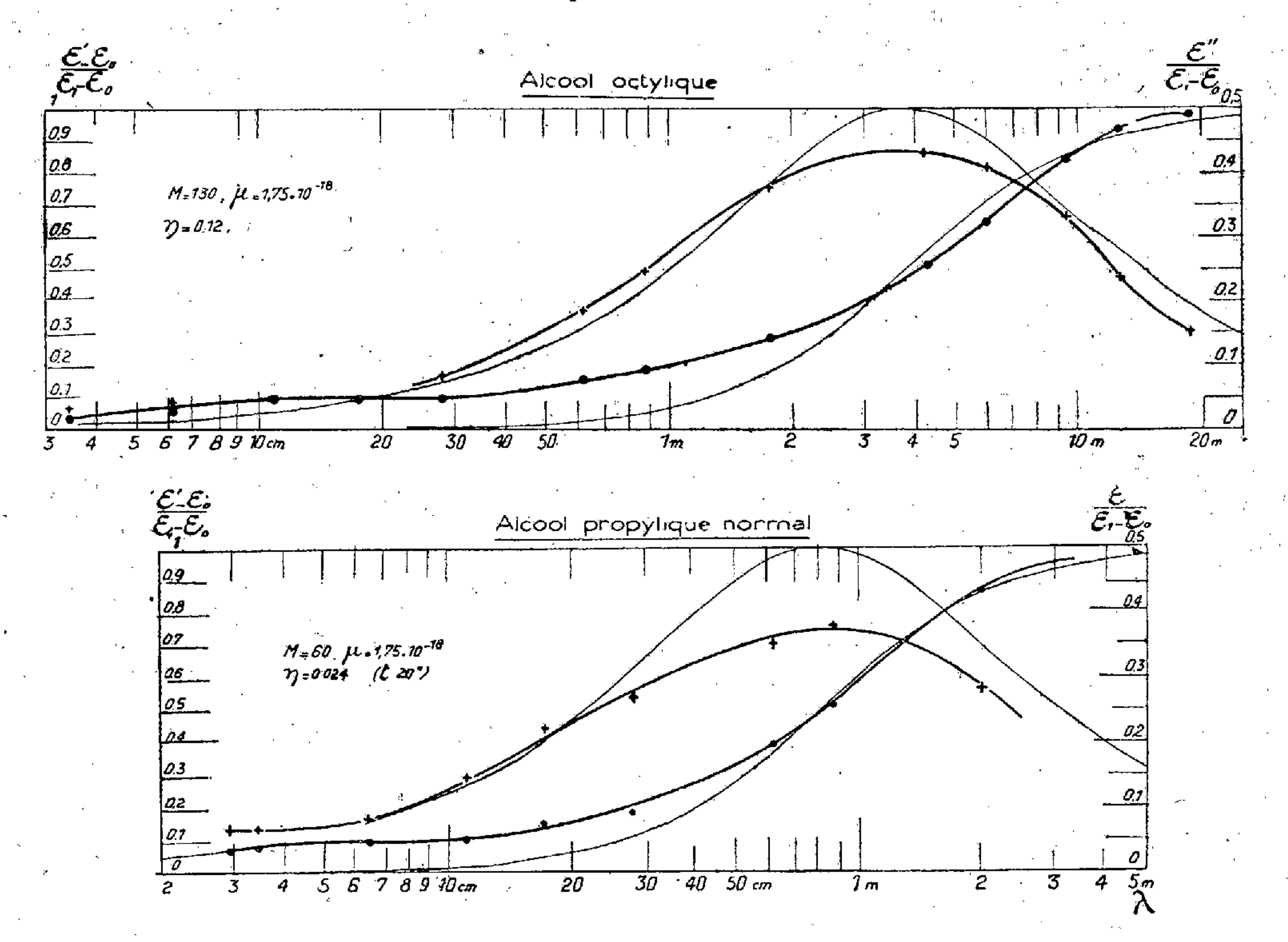
PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Une nouvelle méthode spectrale; le spectre hertzien des molécules d'alcool.* Note [1] de MM. **Pierre Girard** et **Paul Abadie**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Disposant d'une série de générateurs d'ondes hertziennes (depuis $\lambda = 2^{cm},5$), nous avons pu relever, pour différentes molécules organiques (alcools, molécules benzéniques, acides), des courbes presque entières de dispersion et de longs segments de courbes d'absorption. De telles courbes de dispersion apparaissent en étroite relation avec la forme des molécules. Elles permettent également de déterminer l'angle du moment permanent avec un élément de symétrie, axe ou plan, et renseignent sur la longueur de la chaîne carbonée.

---

[1] Séance du 15 juillet 1942.

Il s'agit en somme d'une méthode spectrale où l'oscillateur est la molécule tout entière oscillant dans le champ alternatif.



Technique. — Pour les ondes les plus courtes de la gamme utilisée, nous avons étudié le système d'ondes stationnaires produit dans une ligne double à conducteurs coaxiaux, contenant le liquide à étudier, lorsqu'un piston mobile se déplace dans ce dernier. C'est en principe la première méthode de Drude : la distance des maxima successifs donne la demi-longueur d'onde dans le liquide; la loi de décroissance permet de déterminer l'indice d'absorption à l'aide de certains termes correctifs dont le détail sera exposé ailleurs. A partir de $\lambda\, 17^{cm}$, nous avons utilisé la deuxième méthode de Drude, telle qu'elle a été exposée ailleurs ([2]). Le recoupement entre les deux méthodes se faisait pour $\lambda\, 17^{cm}$.

Données expérimentales. — Les courbes en trait fin sont celles calculées à partir de la théorie de Debye, qui suppose des molécules sphériques.

Qu'il s'agisse d'un alcool en C^3 ou en C^8 ou en C^{10}, les courbes relevées sont toutes du même type bien caractérisé : une première courbe de dispersion de faible hauteur qui aboutit à un plateau; de ce plateau part une deuxième courbe de dispersion notablement plus haute. Les deux régions de dispersion, nettement délimitées par le plateau qui les sépare et les deux temps de relaxation τ_1 et τ_2 correspondants, indiquent deux directions d'oscillations

([2]) P. Abadie, *Thèse Faculté des Sciences de Paris*, 1936.

dans le champ alternatif. Si l'on suppose un ellipsoïde de révolution, au plus petit temps de relaxation correspondent les oscillations dans le sens du petit axe de la molécule; au plus grand les oscillations dans le sens du grand axe.

A défaut de base théorique sûre reliant la polarisation des liquides à leur C. D., on peut admettre que celle-ci est proportionnelle à μ^2. Les ordonnées de la plus petite et de la plus grande courbe de dispersion sont alors entre elles comme les composantes, suivant les deux axes de symétrie de la molécule, d'un vecteur égal au carré du moment permanent (μ^2). En portant, sur chacun de ces axes, une grandeur égale à chacune de ces hauteurs, on déduit l'angle α que fait le moment permanent avec l'axe de symétrie de la molécule. Cet angle est ici de 18°. Il est le même pour l'alcool propylique et l'alcool octylique.

Le rapport τ_1/τ_2 croît avec la longueur de la chaîne carbonée. Il est environ trois fois plus grand pour l'alcool octylique que pour l'alcool propylique.

Il est aisé de voir que ce rapide accroissement tient en grande partie à l'allongement et à l'aplatissement de la deuxième courbe de dispersion de l'alcool à longue chaîne.

Cet aplatissement de la courbe a pour cause un empêchement d'oscillation des molécules suivant leur grand axe. En revanche, suivant le petit axe, cet empêchement d'oscillation ne paraît pas très sensible.

A partir du rapport τ_1/τ_2, nous avons calculé, d'après la théorie de Francis Perrin relative à l'extension de la dispersion diélectrique aux molécules ellipsoïdales, le rapport des axes; les valeurs trouvées sont trop grandes par rapport aux données fournies par les courbes de diffraction de rayons X [Stewart et Morrow ([3]), Warren ([4])], surtout pour les molécules à longue chaîne, comme pouvait le faire prévoir l'allongement et l'aplatissement de la deuxième courbe de dispersion.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le système binaire tellure-molybdène. Tellurures de molybdène* Te^2Mo *et* Te^3Mo^2. Note ([1]) de M. **André Morette**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons appliqué à l'étude du système tellure-molybdène une technique utilisée dans des recherches antérieures sur les dérivés du vanadium ([2]). Les éléments, placés dans des tubes de quartz transparent scellés sous vide, sont portés à une température convenable; après réaction, on chauffe la partie du tube contenant le produit de façon à permettre la distillation vers l'autre extrémité de l'excès de tellure non combiné ou provenant d'une dissociation

([3]) *Phys. Rev.*, 30, 1927, p. 230.

([4]) *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 969.

([1]) Séance du 6 juillet 1942.

([2]) A. Morette, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 639; *Bull. Soc. Chim.*, 9, 1942, p. 146.

éventuelle. Le tellure et le molybdène ont été préparés préalablement à l'état de pureté. L'analyse des substances obtenues a été effectuée par séparation et pesée du tellure selon la méthode de Lehner-Homberger ([3]) et détermination du molybdène sous forme d'anhydride molybdique d'après les indications de Treadwell ([4]).

Voici les résultats de nos expériences :

Mélange initial		Température			Analyse de la substance (%).	
Te.	Mo.	de préparation.		de distillation.	Tellure.	Molybdène.
4 p.	1 p.	20 heures à	580°	580°	73,4	26,6
5	1	24 »	640	650	73,9	26,9
4	1	48 »	780	680	73,7	27,1
5	1	40 »	640	725	73,6	26,7
5	1	24 »	775	815	72,9	27,1
4	1	30 »	850	850	65,8	34,2
8	1	40 »	800	890	65,2	34,5
4	1	20 »	810	890	65,6	34,4
20	1	65 »	605	960	0	99,9
4	1	40 »	600	1100	0	99,7
		Théorie pour Te^2Mo	....		72,7	27,3
		Théorie pour Te^3Mo^2	....		66,6	33,4

Le tellure et le molybdène se combinent directement vers 450° avec incandescence. Au-dessous de 815°, la composition du corps formé correspond au ditellurure Te^2Mo; au-dessus de cette température, la teneur en tellure diminue et c'est alors le sesquitellurure Te^3Mo^2 qui est obtenu; enfin ce dernier est complètement dissociable à 960° et au-dessus en ses éléments.

Ces deux tellurures possèdent des spectres de rayons X bien différenciés, ne contenant pas de raies des composants.

Le ditellurure de molybdène est une substance pulvérulente grise, en fines paillettes dont l'aspect rappelle celui du graphite; sous le microscope, celles-ci apparaissent constituées par des cristaux hexagonaux, identiques à ceux que l'on reconnaît dans l'examen métallographique d'un culot fondu renfermant un excès de tellure; $D_4^{15} = 7,60 \pm 0,01$. Il est diamagnétique; sa susceptibilité massique, mesurée par comparaison avec celle de l'eau ($\chi = -0,72.10^{-6}$) à la balance de Curie et Chéneveau, est

$$\chi = -0,345.10^{-6} \pm 0,008.10^{-6}.$$

Chauffé dans l'air, il s'oxyde en émettant des fumées blanches d'anhydride tellureux colorant la flamme en bleu, et en laissant un résidu d'anhydride tellureux et d'oxydes de molybdène. L'eau, qui ne le mouille que difficilement,

([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, 30, 1908, p. 387.

([4]) *Manuel d'analyse chimique quantitative*, p. 264, Paris, 1925.

ne l'altère pas à la température ordinaire. Les acides chlorhydrique et sulfurique sont sans action à froid comme à l'ébullition. Par contre il est attaqué à froid et solubilisé au bain-marie par l'acide nitrique dilué; l'évaporation de la liqueur fournit, après dessiccation totale, un mélange d'anhydrides tellureux et molybdique correspondant exactement à la transformation

$$Te^2Mo \rightarrow 2\,TeO^2 + MoO^3.$$

Le sesquitellurure de molybdène est une poudre gris foncé, formée de particules irrégulières; $D_4^{15} = 7,35 \pm 0,01$. Ce composé est paramagnétique; sa susceptibilité massique est, à la température ordinaire,

$$\chi = +\,0,185.10^{-6} \pm 0,002.10^{-6}.$$

Ses propriétés chimiques sont sensiblement les mêmes que celles du ditellurure; une différence s'observe dans l'action de l'acide sulfurique qui l'attaque en fournissant, comme cela a lieu avec le tellure métalloïdique, du gaz sulfureux et un liquide rouge cerise dans lequel on décèle ensuite le tellure et le molybdène.

En résumé, nous avons mis en évidence l'existence de deux tellurures de molybdène Te^2Mo et Te^3Mo^2. Les conditions de leur formation ont été déterminées et ils ont été caractérisés par quelques-unes de leurs propriétés physiques et chimiques.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur l'inversion du sens de dispersion d'anisotropie dans quelques cristaux orthorhombiques opaques.* Note (1) de M. **Léon Capdecomme**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'*anisotropie de réflexion* d'une section unicristalline est le rapport $\rho = R/R'$ des deux pouvoirs réflecteurs principaux R et R' ($R > R'$). J'ai décrit un procédé simple pour déterminer, par les colorations qu'elle produit entre polariseurs croisés, son sens de dispersion en fonction de la longueur d'onde λ (2).

En général cette dispersion, plus ou moins intense sur les différentes sections d'un même cristal, y conserve cependant le même sens. Je n'ai trouvé aucune exception à cette remarque sur des cristaux rhomboédriques, hexagonaux ou quadratiques. Parmi les nombreuses espèces orthorhombiques que j'ai observées jusqu'ici, trois seulement, l'énargite, la manganite et la stibine ont présenté une inversion mentionnée dans le tableau ci-contre :

(1) Séance du 15 juin 1942.

(2) L. Capdecomme, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2086.

	Pouvoirs réflecteurs			$\Delta\rho/\Delta\lambda$		
	R_g.	R_m.	R_p.	h^1 (100).	p (001).	g^1 (010).
Énargite	c	a	b	>0	>0	<0
Manganite.........	c	a	b	>0 (*)	>0 (*)	<0
Stibine	c	a	b	<0	<0	>0 (**)

(*) faible; (**) ou minimum dans le bleu.

Interprétation. — D'après la définition de l'anisotropie ρ, ces variations $\Delta\rho$ dépendent des variations relatives des pouvoirs réflecteurs R et R' de chaque section : $\Delta\rho = \rho(\Delta R/R - \Delta R'/R')$. Si $\Delta\rho$ est positif, c'est que les variations relatives $\Delta R/R$ et $\Delta R'/R'$, comptées *algébriquement*, se classent dans le même sens que les pouvoirs réflecteurs correspondants R et R'. Elles se classent en sens inverse si $\Delta\rho$ est négatif.

Soient r_g, r_m, r_p les variations relatives, dans le spectre visible, des pouvoirs réflecteurs principaux de cristaux orthorhombiques. Ceux-ci pourront être répartis en trois groupes :

I. Les variations relatives se classent comme les pouvoirs réflecteurs correspondants : $r_g > r_m > r_p$, ou bien $r_g < r_m < r_p$. Cela impose $r_g - r_p > 0$, $r_g - r_m > 0$; $r_m - r_p > 0$, ou bien $r_g - r_p < 0$, $r_g - r_m < 0$, $r_m - r_p < 0$, *Le sens de dispersion d'anisotropie est donc le même dans les trois plans principaux du cristal.* C'est le cas le plus fréquent.

II. Les variations relatives de R_g sont comprises entre celles de R_m et R_p : $r_m > r_g > r_p$, ou bien $r_m < r_g < r_p$. Cela impose $r_m - r_p > 0$, $r_g - r_p > 0$, $r_g - r_m < 0$, ou bien $r_m - r_p < 0$, $r_g - r_p < 0$, $r_g - r_m > 0$. Ainsi *le plan principal* $(R_g . R_m)$ *présente un sens de dispersion d'anisotropie opposé à celui* des deux autres $(R_g . R_p)$ et $(R_m . R_p)$.

L'énargite correspond à $r_g - r_m < 0$, puisque ρ et λ varient en sens inverse sur g^1 $(R_g . R_m)$. Le classement des variations relatives des pouvoirs réflecteurs principaux est donc $r_m > r_g > r_p$.

La manganite correspond aussi, d'après ce que nous avons dit sur elle, à $r_g - r_m > 0$. D'où le même classement : $r_m > r_g > r_p$. La dispersion d'anisotropie étant très faible dans le plan h^1 $(R_g . R_p)$, on peut ajouter que r_g est très voisin de r_p.

III. Les variations relatives de R_p sont intermédiaires entre celles de R_g et R_m : $r_g > r_p > r_m$, ou bien $r_g < r_p < r_m$. Cela implique $r_g - r_p > 0$, $r_g - r_m > 0$, $r_m - r_p < 0$, ou bien $r_g - r_p < 0$, $r_g - r_m < 0$, $r_m - r_p > 0$. Ainsi *le plan principal* $(R_m . R_p)$ *présente un sens de dispersion d'anisotropie opposé à celui des deux autres* $(R_g . R_m)$ *et* $(R_g . R_p)$.

La stibine correspond à $r_m - r_p > 0$. D'où, pour elle, $r_g < r_p < r_m$.

L'observation des différents grains d'une section polie, taillée dans un agglomérat de cristaux de même espèce, suffira pour différencier les minéraux

du groupe I de ceux des groupes II et III. La distinction entre ces deux derniers exigera, par contre, la taille de sections orientées.

Conclusion. — La connaissance du sens de dispersion d'anisotropie permet de déterminer l'ordre des variations relatives des pouvoirs réflecteurs principaux en fonction de la longueur d'onde. C'est un progrès marqué et d'accès aisé vers la connaissance des propriétés optiques des cristaux orthorhombiques opaques. De plus, le nombre restreint de cristaux présentant l'inversion fait de celle-ci un caractère important de diagnose.

OCÉANOGRAPHIE. — *Étude de la composante semi-annuelle des niveaux marins dans l'archipel asiatique.* Note (1) de M. **Jean Baussan.**

On a résumé dans le tableau ci-dessous les résultats relatifs au 2e semestre des années 1927, 28, 29 et 30. Pour chacune des années étudiées on y trouvera la variation totale des niveaux marins en centimètres (colonne I), la valeur en centimètres du maximum de la composante semi-annuelle (colonne II), et la date

	1927.			1928.			1929.			1930.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
1. Sibolga	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22	9,3	18 nov.
Emmahaven	26	5,3	12 nov.	21	5,3	14 nov.	22	5,6	10 nov.	25	8,5	20 »
Benkoelen	30	6,2	12 »	35	9,8	15 »	34	6,2	12 »	27	8	17 »
Kroé	–	–	–	–		–	–	–	–	27	11	15 »
Plaboean Ratœ	–	–	–	–	–	–	36	–	–	32	9,2	22 »
Tjilatjap	31	4,4	12 nov.	25	4	16 nov.	40	5,1	10 nov.	31	8,1	24 »
Padjitan	–	–	–	19	–	–	44	4	14 oct.	32	8,1	20 »
Amboina	–	–	–	–	–	–	–	–	–	16	1,2	15 »
2. Belawan	29	5,8	17 nov.	33	4,6	18 nov.	27	5,9	16 nov.	33	7,4	30 nov.
Bengkalis	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14	6,5	28 »
Tandjong Priok	22	4,2	17 nov.	20	4,2	17 nov.	20	4,8	12 nov.	25	4	20 »
Batavia	–	–	–	22	4,6	19 »	22	4,7	12 »	23	4,8	28 »
Cheribon	16	4,4	17 nov.	19	4,4	17 »	17	4,9	12 »	20	4,1	24 »
Tegal	23	3,3	12 »	22	2,7	28 »	26	3,6	14 »	25	2,7	23 »
Pekalongan	12	3,2	15 »	18	3,2	30 »	14	4,5	15 »	20	4,3	24 »
Semarang	13	3,7	15 »	13	2,1	30 »	10	4,2	10 »	16	4,3	24 »
Toeban	–	–	–	–	–	–	–	–	–	22	3,1	23 »
3. Prigi Radja	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15	0,7	1er oct.
Tambilahan	–	–	–	44	–	–	31	3	30 déc.	31	3	15 déc.
Soensang	–	–	–	33	–	–	35	0,9	25 nov.	34	0,7	5 janv. (30)
Oepang	–	–	–	–	–	–	70	5	18 »	76	4,5	19 nov.
Moesangketjil	–	–	–	–	–	–	–	–	–	16	–	15 déc.
Bandjermasin	37	–	–	59	4,8	28 déc.	35	2,4	10 déc.	39	5,2	25 déc.
Makassar	24	2	28 déc.	24	3,6	20 »	34	2,1	10 janv. (30)	28	1,3	15 janv. (31)
Manado	26	–	–	7	0,7	5 »	17	0,5	15 déc.	15	3,2	5 déc.
4. Pontianak	–	–	–	66	–	–	90	4	25 janv.	92	8,3	5 fév.
5. Soerabaya	14	3,3	25 fév.	12	3	28 fév.	13	2,9	27 fév.	20	4,7	14 fév.
Sambilangan	16	4	25 »	14	3,5	28 »	11	3	28 »	20	4,6	12 »
Djamoeanrif	16	3,4	25 »	16	3,8	28 »	14	2,8	28 »	17	3,6	12 »

(1) Séance du 15 juillet 1942.

où se produit ce maximum (colonne III). On a réuni dans un même groupe les stations marémétriques pour lesquelles le maximum se produit approximativement à la même date; on trouvera dans le tableau les cinq groupes suivants : le groupe 1, où le maximum se produit du 10 au 24 novembre; le groupe 2, où le maximum a eu lieu entre le 13 novembre et le 1er décembre; le groupe 3, où le maximum se produit du 25 novembre au 15 janvier; le groupe 4, où le maximum a lieu en janvier-février; le groupe 5, où les stations ont un maximum en février.

1° *Phase*. — Dans chaque groupe et pour chaque année étudiée, les différentes stations peuvent être considérées comme étant en phase. Les anomalies peuvent être dues simplement au fait que la composante étudiée n'a pu être isolée à l'état assez pur, par suite de sa très faible amplitude.

Les stations de chaque groupe s'alignent, sur la carte, le long de courbes qui suivent le contour général des côtes de Sumatra et de Java sur l'Océan Indien et qui constituent des isophases pour la composante de six mois. Il y a exception pour le groupe 3 dont les stations ont une composante en opposition de phase avec celles des stations voisines, comme Toeban, et qui devraient se placer, par leur position géographique, dans le groupe 2; on a vu, dans une précédente Note ([2]), que la même anomalie a lieu pour la composante annuelle de ces stations.

Lorsqu'on passe d'un groupe au groupe suivant, le maximum de la composante semi-annuelle a lieu de plus en plus tard. Elle se déphase dans le sens des retards lorsqu'on se dirige de l'Océan Indien vers le Continent.

Enfin il y a peut-être lieu de remarquer que, pour toutes les stations des groupes 1 et 5, le maximum de la composante semi-annuelle se produit à la même époque que le minimum de la composante annuelle; la même coïncidence a lieu à Belawan (groupe 2). Dans les groupes 2, 3 et 4, c'est l'inverse qui semble se produire, mais d'une façon moins apparente; ainsi, dans le groupe 3, les stations de Prigi-Radja, Soesang, Oepang et Manado semblent faire exception, mais nous avons vu que la phase de leur composante de six mois est très mal définie. En résumé, les stations situées sur l'Océan Indien (groupe 1), ou directement soumises à l'influence de cet océan (Belawan), ont un maximum de la composante semi-annuelle coïncidant avec celui de l'annuelle, et l'inverse a lieu dans la mer de Java, à la seule exception des stations singulières du groupe 5.

Il résulte des remarques précédentes que la composante semi-annuelle de la mer de Java est en retard sur celle de l'Océan Indien.

2° *Amplitude*. — Dans les ports de la côte Ouest de Sumatra, l'amplitude de la composante envisagée constitue environ le 1/3 de la variation totale des niveaux marins; cette composante est donc importante; elle l'est encore sur la

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 437.

côte Sud de Java où son amplitude atteint en moyenne le 1/4 de la variation du niveau. Le rapport considéré devient 1/5 sur la côte Nord de Java, ainsi qu'à Belawan, port situé sur la côte Nord-Est de Sumatra; et 1/3 environ à Bengkalis, entre Sumatra et la presqu'île de Malacca.

Pour toutes les autres stations, l'amplitude de la composante de six mois constitue une fraction souvent très faible de la variation totale des niveaux (du 1/15 au 1/40); ce rapport l'est particulièrement pour les stations du groupe 3. Il y a lieu de remarquer que l'amplitude de la composante étudiée passe brusquement d'une valeur de 7^{cm} (1/3 de la variation totale) à Bengkalis, à une valeur de 7^{mm} (1/25 de la variation) à Prigi-Radja, ports assez voisins l'un de l'autre, mais séparés par des îlots nombreux et resserrés.

Nous pouvons maintenant préciser que le rapport des amplitudes de la composante annuelle et de la composante semi-annuelle ne dépasse jamais 2 dans les groupes 1, 2, 4 et 5; et qu'il semble très fort dans le groupe 3, où il atteint 15 lorsqu'on peut le calculer.

D'une façon générale, dans la mer de Java la composante semi-annuelle a une amplitude inférieure à celle de la composante annuelle, et constitue une faible partie de la variation totale du niveau de la mer, l'inverse se produisant sur les côtes de l'Océan Indien.

L'ensemble de ces remarques laisse entrevoir, là encore, l'existence de deux régimes distincts des composantes de six mois.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Retentissement plasmatique de l'exercice musculaire chez la Carpe* (Cyprinus carpio *L.*). Note de MM. **Roger Auvergnat** et **Marcel Secondat**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

L'un de nous a déjà étudié les variations de la lactacidémie du poisson au cours d'un exercice forcé et constaté son taux élevé après un effort musculaire prolongé (1). Poursuivant ces recherches dans les mêmes conditions, nous avons mesuré le pH, la réserve alcaline et la pression osmotique totale du plasma de carpes soumises à un effort musculaire d'une durée de 15 minutes, aboutissant à une fatigue manifeste.

Le sang est obtenu par ponction cardiaque, suivant la technique exposée dans la Note précédente (1). Un prélèvement de $1^{cm^3},5$ est nécessaire pour effectuer les trois mesures. Lorsque l'on opère trois prélèvements sur le même animal, ceux-ci ont lieu le même jour à quelques heures d'intervalle. Quand nous en pratiquons quatre, le premier est exécuté sur le poisson au repos, la veille de l'épreuve musculaire (adjonction d'héparine).

a. Le pH est déterminé par la méthode électrométrique avec l'électrode à hydrogène rotative de Lecomte du Noüy; $0^{cm^3},5$ de plasma suffisent pour une détermination. Il n'existe que peu de travaux sur les variations du pH plasmatique de la Carpe; Kokubo (2)

(1) M. Secondat et D. Diaz, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 71.
(2) *Science Rept. Tôhoku Imp. Univ.*, 5, 1930, p. 249.

étudiant la fonction respiratoire du sang, établit que le pH du sang de carpe peut varier de 6,8 à 8,3. Mlle O. Callamand ([3]), opérant avec l'électrode de verre sur le sang total, a constaté que le pH s'abaisse de 7,60 à 7,18 après augmentation de salinité.

b. L'acide carbonique total, exprimé en volume de CO^2 pour 100^{cm^3} de plasma, a été mesuré sur $0^{cm^3},2$ de liquide, avec l'appareil manométrique de Van Slyke.

c. La pression osmotique, exprimée en ClNa $^0/_{00}$ est évaluée par la méthode thermo-électrique de A. V. Hill et E. J. Baldes. Ce procédé, dont nous avons indiqué le principe antérieurement, ne nécessite qu'une goutte de liquide pour chaque mesure ([4]).

Les résultats de nos mesures, qui concernent 7 animaux (A à G), figurent dans le tableau ci-dessous; la température de l'eau a varié entre 6 et 8°.

Carpe.		pH.	CO^2 total pour 100^{cm^3} de plasma.	Pression osmotique en ClNa pour 1000.
A.	Au repos	7,33	35	8,60
	Aussitôt après l'exercice	7,25	17,5	8,75
	2 heures après	7,24	16	8,50
	6 heures après	7,31	15	8,30
B.	Au repos	7,36	31	8,37
	Aussitôt après l'exercice	6,90	26	8,50
	2 heures après	7,24	14,5	8,50
	6 heures après	7,23	12,5	8,37
C.	Au repos	—	37	8,50
	Aussitôt après l'exercice	—	26	8,65
	4 heures après	—	22,5	8,50
D.	Au repos	7,39	37	8,40
	Aussitôt après l'exercice	—	28	8,50
	4 heures après	—	24	8,60
E.	Au repos	7,41	49	8,40
	Aussitôt après l'exercice	6,98	30	8,45
	4 heures après	7,15	29	8,50
F.	Au repos	7,45	44,5	8,50
	Aussitôt après l'exercice	7,15	33	8,50
	4 heures après	7,24	16	—
G.	Au repos	7,41	41	8,25
	Aussitôt après l'exercice	7,08	31	8,35
	4 heures après	7,29	15	8,35

L'examen de ce tableau permet de dégager les observations suivantes :

1° *Variation du* pH. — L'exercice musculaire entraîne une acidification immédiate et considérable du sang de la Carpe. Le pH, qui au repos est compris entre 7,33 et 7,45 (moyenne 7,39), baisse immédiatement, pouvant tomber au voisinage de 7 et au-dessous. Cette acidification correspond à l'importante décharge en acide lactique du muscle vers le plasma, observée par l'un d'entre nous ([1]). Le retour à la normale s'accomplit lentement et l'on constate, comme

([3]) *Bull. Institut Océanograp. Monaco*, n° 799, 1941.

([4]) R. Auvergnat et M. Secondat, *Bull. Institut Océanogr. Monaco*, n° 805, 1941.

pour les variations de la lactacidémie, de remarquables différences individuelles. Alors que, six heures après l'effort, la carpe A a retrouvé son pH normal, la carpe B est encore très loin de son équilibre, et son pH ne s'est pratiquement pas modifié entre la deuxième et la sixième heure. Les mêmes variations apparaissent dans le comportement des autres sujets d'expérience; c'est ainsi que la carpe E se remet très lentement alors que F et G se remettent assez vite.

2° *Réserve alcaline.* — La teneur du plasma en CO^2 total baisse régulièrement depuis la première prise de sang jusqu'à la dernière, même lorsque celle-ci est effectuée six heures après la fin de l'exercice. Au cours de l'effort musculaire prolongé, le sang s'est enrichi en acide lactique et l'animal réagit par une élimination massive de CO^2 plasmatique. A ce moment le pouvoir tampon des bicarbonates est considérablement éprouvé et la baisse se manifeste, progressive et prolongée. Par des prélèvements effectués 24 heures après l'exercice, nous avons pu vérifier que l'animal retrouvait son équilibre initial, mais la réparation est plus lente chez le Poisson que chez les Mammifères.

3° *Pression osmotique.* — Les variations de la pression osmotique du plasma, quoique beaucoup moins marquées, sont du même ordre que celles observées récemment par l'un de nous chez l'Homme après un exercice physique intensif. Aussitôt après l'exercice, la pression osmotique s'élève légèrement chez le Poisson; dans certains cas l'élévation persiste 4 heures après l'effort; dans d'autres elle a disparu au bout de 6 heures. Nous pensons que cette légère augmentation de la pression osmotique totale est liée au déversement et à l'accumulation dans le plasma de petites molécules (acide lactique par exemple) résultant du métabolisme musculaire exagéré par l'effort.

Conclusion. — Tout exercice musculaire prolongé, aboutissant à la fatigue et parfois à l'épuisement, détermine chez la Carpe une forte acidification plasmatique liée à la décharge d'acide lactique signalée antérieurement. Le pH est fortement abaissé. La compensation est très lente et s'accomplit, au moins en partie, aux dépens des bicarbonates du plasma avec baisse considérable et prolongée du CO^2 total plasmatique.

CHIMIE PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude rœntgénographique de quelques cornéines d'Anthozoaires.* Note de MM. **Georges Champetier** et **Emmanuel Fauré-Frémiet**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le squelette axial des Anthozoaires appartenant aux groupes des Gorgonides, des Pennatulides et des Antipathaires est constitué par des substances protéiques très résistantes, les cornéines de Valenciennes, plus ou moins fortement imprégnées de sels calcaires. Les diverses cornéines (gorgonines, pennatulines etc.) ont été comparées aux kératines dès les premiers travaux de Valenciennes et Frémy (1855), puis de Krukenberg (1881-1884); d'autres auteurs ont montré ultérieurement qu'elles se caractérisent, comme les spongines, par la présence

d'aminoacides halogénés, diiodotyrosine (ac. gorgoïque) ou dibromotyrosine. Plus récemment la présence d'une quantité notable de cystine a été démontrée; puis, se fondant sur la valeur des rapports moléculaires entre l'histidine, la lysine et l'arginine, Block (1931-1838) admet la nature kératinique des gorgonines, qu'il classe plus spécialement (avec Bolling, 1939) parmi les pseudo-kératines telles que la spongine, l'écaille de Tortue, les fanons de Baleine. Il reste à savoir si les caractéristiques structurales des cornéines vérifient cette conclusion.

L'axe corné des Anthozoaires montre une texture lamellaire ou fibreuse, nettement orientée; les lames ou les faisceaux fibrillaires de cornéine, observés après décalcification, sont optiquement anisotropes; leur biréfringence est positive.

La diffraction des rayons X par ces structures donne un diagramme de fibre comportant des taches équatoriales A_1 et A_2, des arcs méridiens M_2 et M_3, ces derniers particulièrement nets, et quatre taches symétriques I_1. Les meilleures d'entre ces images sont données par les faisceaux fibrillaires bien orientés des Pennatulides (*Funiculina quadrangularis*, par exemple) et par les couches cornées concentriques de quelques Gorgones (*Gorgonia verrucosa*) (1). De tels diagrammes diffèrent de ceux donnés par les kératines; par contre ils sont identiques dans tous leurs détails à ceux des collagènes à l'état I (collagènes proprement dits, ichtyocolles, élastoïdines). Les distances réticulaires calculées d'après ces interférences correspondent aux chiffres suivants :

Nature de la substance.	Distances réticulaires *d* calculées en *u*. Å pour les interférences suivantes :				
	A_1.	A_2.	I_1.	M_2.	M_3.
Tendon de Thon	11,2	5,9	7,55	4,03	2,95
Axe corné de *Gorgonia*..........	11,5	5,9	7,69	4,11	2,95
» *Funiculina*........	11,5	5,8	7,5	4,07	2,9

Ces valeurs sont les mêmes que celles trouvées pour les diverses scléroprotéines du type collagène [G. Champetier et E. Fauré-Frémiet (2)], attestant ainsi, pour les unes et les autres, l'identité des éléments fondamentaux de leur structure. Nous retrouvons en particulier, pour le calcul de la période de fibre des cornéines, la même incertitude que nous avons signalée (1938) pour les collagènes; rappelons que, si les interférences diatropes M_3 donnent une valeur très voisine de 2,86 Å, interprétée par Astbury grâce à l'hypothèse d'un enchaînement peptidique *cis- trans*, les interférences diagonales I_1 donnent (Clark et Schaad, 1936), des valeurs comprises entre 3,25 et 3,3 Å qui restent compatibles avec un enchaînement du type *trans-* (voir K. H. Meyer, 1940).

(1) Les observations de Herzog et Gonell (1924) sur l'axe décalcifié de *Pterogorgia* et de *Ctenocella* mettaient seulement en évidence un halo diffus.

(2) *Journ. de Chimie physique*, 35, 1938, pp. 223-232.

L'examen rœntgénographique montre ainsi qu'il existe entre diverses protéines fibreuses, telles que les collagènes et les cornéines, une étroite parenté structurale que les caractères chimiques de ces substances ne laissaient pas prévoir. D'autres caractères physiques des cornéines viennent confirmer ce rapprochement; ce sont en particulier leurs propriétés thermoélastiques; la possibilité de les faire passer de l'état ordonné fibreux (état I) à l'état désordonné hautement élastique (état II), en élevant la température; leur anisotropie magnétique enfin qui, mise en évidence par Mme Cotton-Feytis ([3]), est de même sens pour les cornéines et les collagènes, et de sens différent pour les kératines.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Évolution des caractéristiques de croissance chez les Mollusques Arionidés*. Note ([1]) de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

La famille des Arionidés comprend un certain nombre d'espèces appartenant au grand genre *Arion*, qui sont morphologiquement assez voisines les unes des autres, mais diffèrent notablement par leur taille. J'ai élevé au laboratoire et étudié dans le cycle complet de leur développement, quatre espèces dont voici la liste, avec l'indication, pour chacune d'elles, du poids moyen du jeune à l'éclosion et du poids moyen approximatif de l'adulte :

	Poids d'éclosion.	Poids adulte.
Arion rufus L.	25^mg^	20^g^
Arion (*Mesarion*) *subfuscus* Drap.	10	3
A. (*Kobeltia*) *hortensis* de Fér.	4	0,5
A. (*Microarion*) *intermedius* Norm.	2	0,2

Ces espèces diffèrent non seulement par leur taille aux stades correspondants du développement, mais aussi par leur *marge de croissance*, c'est-à-dire par le rapport du poids final au poids initial. Cette marge de croissance croît régulièrement avec la taille spécifique. Dans les quatre espèces étudiées, le poids de l'adulte P reste lié au poids de naissance *p* par une même relation de la forme

$$P = B.p^A \quad (A = 1,8;\ B = 1,7).$$

Un tel mode d'évolution interspécifique de la marge de croissance a été signalé par J. S. Huxley chez les Oiseaux et par moi-même pour les espèces de Coléoptères du genre *Timarcha*.

Chez *Arion rufus*, j'ai distingué dans la croissance pondérale deux périodes successives, infantile et juvénile, séparées par une crise prépubertaire; la

([3]) E. Cotton-Feytis et E. Fauré-Frémiet, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 996.

([1]) Séance du 6 juillet 1942.

seconde période est caractérisée par un taux de croissance beaucoup plus faible et par le développement progressif de la glande hermaphrodite ([2]). Cette description peut s'appliquer également aux trois autres espèces : la forme générale de la croissance est donc la même dans toutes les espèces.

De plus, lorsqu'on observe la croissance dans les conditions optima d'alimentation et à une même température (20°), le taux de croissance rapide, caractéristique de la période infantile, se montre sensiblement identique dans les quatre espèces, en dépit des différences de taille : il correspond à un doublement du poids tous les 10 jours. Ce taux de croissance représente donc un caractère physiologique du type *Arion*, demeuré constant au cours de la différenciation des espèces. La durée de la période infantile augmente avec la taille spécifique : chez *Arion hortensis*, elle dure environ 45 jours, au cours desquels le poids de naissance est multiplié par 20; chez *A. rufus*, elle dure deux mois et le poids d'éclosion est multiplié par 200.

En ce qui concerne le taux de la croissance juvénile, il existe, par contre, des différences assez significatives entre les espèces. Le taux de croissance, défini, par exemple, comme l'accroissement journalier du logarithme du poids, est alors deux fois plus grand chez *A. hortensis* que chez *A. rufus*.

L'évolution de la taille spécifique chez les Arionidés apparaît donc comme liée : 1° aux variations de la taille de l'œuf, conditionnant la taille de l'animal à l'éclosion; 2° à la prolongation ou au raccourcissement de la période infantile de croissance rapide commune à toutes les espèces.

Une étude poursuivie parallèlement sur une série d'espèces appartenant à la famille des Limacidés et dont le détail sera présenté ultérieurement, m'a révélé des faits notablement différents : dans ce cas, les grandes espèces ont, dès la naissance, un taux de croissance nettement inférieur à celui des espèces de petite taille. L'évolution des caractéristiques de croissance semble donc avoir suivi des voies différentes dans le genre *Arion* et dans le genre *Limax*. En tout cas on voit que les données relatives à la *forme de la croissance*, observée dans des conditions expérimentales définies et voisines de l'optimum, sont susceptibles d'éclairer les affinités systématiques des espèces, au même titre que les caractères morphologiques, cytologiques ou génétiques.

MÉDECINE. — *La transfusion de plasma humain citraté.*
Note de MM. GEORGES JEANNENEY et GUY RINGENBACH.

La transfusion de plasma, que nous étudions depuis plusieurs années, semble intéressante à des points de vue divers : dans le traitement des chocs, des hémorragies, des œdèmes, néphrosiques ou autres, des infections, enfin à titre de médication hématopoïétique et de tonique général.

([2]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 38.

Il s'agit, à vrai dire, d'une méthode encore peu connue. En 1918, Ch. Richet, P. Brodin et F. Saint-Girons (¹) montrent à l'Académie des Sciences que le plasma de cheval, injecté en quantité suffisante, permet la survie du chien saigné à blanc, alors que le sérum dit physiologique ne produit qu'une amélioration passagère. Le plasma de cheval est de plus inoffensif pour le chien, même à fortes doses, à l'encontre du sérum. En 1919, Grigaut et Moutier, puis P. Brodin, E. Lesne et F. Saint-Girons (*Soc. Biol.*, 1919, pp. 252-254) obtiennent des résultats encourageants par la transfusion de plasma chez les grippés et les typhiques. Le plasma donne sensiblement les mêmes résultats, qu'il provienne d'un sujet normal ou convalescent, et il semble produire la guérison par le mécanisme du choc hémoclasique.

Plus récemment, P. E. Weil (*Sur la transfusion du sang*, in *Traité de Physiologie* de Roger et Binet, 7, pp. 203-223) signale que le plasma des pléthoriques possède des propriétés hématopoïétiques et coagulantes, intéressantes en particulier chez les hémophiles.

Enfin, en 1940 M. Strumia, J. A. Wagner et J. F. Monoghan (*Journ. Amer. Med. Assoc.*, 1940) ont traité le choc secondaire par la transfusion de plasma citraté avec d'excellents résultats.

Certains auteurs considèrent comme équivalents les mots plasma et sérum, d'où une grande confusion dans la littérature médicale. En réalité, il s'agit de produits organiques très différents qu'il faut définir avec précision. Le plasma comprend la masse totale du sang moins les globules, mais renferme encore toute la fibrine, qui n'existe pas dans le sérum.

Nous avons utilisé uniquement du plasma de donneurs universels. 250^{cm^3} de sang sont prélevés par notre méthode de l'ampoule (²), intimement mélangés à 20^{cm^3} d'une solution de citrate de soude à 10 %, et laissés 24 ou 48 heures en glacière. Les globules ayant sédimenté, on aspire dans une deuxième ampoule le plasma surnageant, 100^{cm^3}, en moyenne, ces opérations étant faites aseptiquement, et contrôlées par hémocultures qui n'ont jamais poussé.

Le plasma peut se conserver en glacière pendant plusieurs mois. Il est transfusé par la méthode que nous avons étudiée par ailleurs (²). La transfusion de plasma semble surtout intéressante dans le traitement du choc, état complexe dans lequel la plasmatexodie (Jeanneney) détermine une hémo-concentration, qu'une mesure de densité sanguine permet de dépister à son stade initial, d'où l'inefficacité fréquente de la transfusion de sang dans ce cas (³). Les sérums artificiels seraient plus indiqués que la transfusion, mais ils s'évadent rapidement des vaisseaux, ils dialysent et leur effet n'est que temporaire. Aucune de

---

(¹) *Comptes rendus*, **167**, 1918, pp. 574-579 et 618-622.

(²) G. JEANNENEY et G. RINGENBACH, *Traité de la transfusion sanguine*, Paris, 1940 (*Prix Montyon*, Académie des Sciences, 1940).

(³) L. BINET, *Hémorragie. Choc. Asphyxie*, Paris, 1941.

ces solutions artificielles n'a la valeur du sang dilué (dont Binet s'est fait avec raison le protagoniste), ou du plasma, qui, en vertu de ses propriétés physico-chimiques (isotonie, viscosité, densité, tension osmotique etc.), reste dans les vaisseaux, et permet la guérison. De fait nous avons, dans notre statistique, plusieurs observations de transfusions de plasma faites pour traiter ou prévenir l'état de choc, et dans lesquelles les malades ont parfaitement guéri ([4]).

Un point capital réside dans la technique de la transfusion, spéciale dans le cas de choc ([5]); il faut injecter le liquide par une veine aussi proche que possible du cœur, et il faut transfuser assez vite.

L'un de nous a pu montrer expérimentalement ([6]) l'intérêt du pouvoir hématopoïétique du plasma : le Lapin, rendu anémique par soustraction du quart de sa masse sanguine, régénère son sang, lorsqu'on lui transfuse du plasma, deux fois plus vite que l'animal témoin non transfusé. Dans la néphrose lipoïdique, la transfusion semble logique puisqu'elle apporte des protides à un organisme qui en est privé et présente des œdèmes importants. La transfusion de plasma, que nous croyons avoir été les premiers à réaliser dans ce cas ([6]), nous a donné 60 % de bons résultats, mais passagers. Epstein, Winogradow, Castaigne et Chaumerliac ont obtenu des succès plus importants et plus durables en injectant du sang total. Il est vrai que les doses injectées ont été moindres et n'ont pu être renouvelées, comme il aurait convenu, pour des raisons extra-médicales. Peut-être ce pourcentage inférieur s'explique-t-il par les propriétés physiques des globules, en particulier électriques, qui semblent si importantes, et du fait du pouvoir antitryptique du sang total.

La transfusion de plasma nous paraît être le traitement électif, curatif ou même préventif du choc pur. Elle ne semble pas nocive, les réactions observées (frissons, hyperthermie) ayant été des plus modérées. De plus l'intérêt pratique du plasma tient à sa durée de conservation indéfinie, et par conséquent à sa possibilité d'être stocké en quantités importantes. Le plasma pourrait être ainsi pour le praticien une arme d'urgence excellente, puisqu'il serait facile d'en avoir dans les endroits les plus reculés, au même titre qu'un banal médicament.

La séance est levée à 15h20m.

L. B.

([4]) G. Jeanneney et G. Ringenbach; Darmaillacq, Ringenbach et Dumeau, *Soc. Chir. Bordeaux*, 12 février 1942.

([5]) G. Ringenbach, *Soc. anat.-clin. de Bordeaux*, 19 janvier 1942; *Journal de Méd. de Bordeaux*, 10, 30 mai 1942, pp. 491-492.

([6]) G. Ringenbach, *Contribution à l'étude chimique et expérimentale de la transfusion du plasma sanguin*. Mémoire de candidature à la Soc. de Méd. et de Chir. de Bordeaux, mars 1942; *Soc. Anatomo-clinique de Bordeaux*, 20 avril 1942.

ERRATA.

(Séance du 23 mars 1942.)

Note de MM. *Christian Dumazert* et *René Michel*, Action de la soude sur l'amidon; consolidation des liaisons osidiques intramoléculaires :

Page 645, *au lieu de* René Michel, *lire* Raymond Michel.

(Séance du 1er juin 1942.)

Note de M. *Joseph Bethenod*, Sur la transformation d'un courant monophasé, et *vice-versa* au moyen d'appareils statistiques.

Page 877, ligne 2 du titre ci-dessus, *au lieu de* statistiques, *lire* statiques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JUILLET 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie du petit Volume qu'il vient de publier dans la collection *Que sais-je ?* sur *L'Embryologie*. Il a essayé de mettre en évidence les principes essentiels et les faits dominants de cette branche fondamentale de la Biologie animale.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Raymond Decary et Rémy Castel. *Modalités et conséquences des migrations intérieures récentes des populations malgaches.*

M. **Pierre Tardi** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *E. Fichot*.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Choix d'une mesure cartésienne* Δ. *Applications* (1). Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Choix de Δ pour un espace cartésien. — On suppose que la congruence est la superposabilité ordinaire par déplacement.

Pour comparer deux ensembles A et B, on est amené à leur chercher des parties aliquotes comparables deux à deux par un procédé de correspondance biunivoque. Δ sera donc une δ. Il est naturel d'exiger que, si deux ensembles ont même masse_Δ, ils ont aussi même mesure_L lorsque l'un au moins est mesurable_L.

---

(1) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 52.

Appelons δ_L les δ qui satisfont à cette condition. Il existe une δ_L moins fine que toutes les autres, δ_{0L} :

δ_{0L} : deux ensembles ont même masse s'il existe entre leurs points une correspondance biunivoque qui conserve la mesure$_L$ de tous les sous-ensembles mesurables.

Inversement d'ailleurs, si deux ensembles mesurables$_L$ ont une même mesure$_L$ non nulle, ils ont même masse suivant δ_{0L}.

Or toute transformation biunivoque, appliquée à un ensemble mesurable$_L$, et qui conserve la mesure, *est une homéomorphie sauf sur un ensemble de mesure arbitrairement petite.*

Et l'on montre que l'élément essentiel de ces homéomorphies est *l'isométrie.*

Définition. — Une isométrie entre A et A′ est une homéomorphie telle que pour tout point M de A, si P tend vers M, le rapport MP/M′P′ tend vers 1. (On ne suppose rien sur l'uniformité de l'isométrie.)

Théorème. — *Si* A *et* A′ *sont isométriques, et si* ε *est donné, on peut trouver des ensembles* a_i *tels que* $A = \sum_1^\infty a_i$, *les* a_i *étant deux à deux disjoints, et tels que, si* M *et* P *sont deux points quelconques d'un même* a_i, *on ait* $|(MP/M'P') - 1| < \varepsilon$.

Théorème. — *Deux ensembles isométriques ont même mesure$_L$ et même mesure pour toute définition de Hausdorff, lorsque l'un au moins de ces ensembles est mesurable$_{L\,ou\,H}$.*

Ces considérations justifient la définition δ_C suivante :

δ_C : δ_C est une δ pour laquelle les transformations T sont les isométries.

Théorème. — *Quand deux ensembles ont même masse$_{\delta_C}$, il existe entre leurs points une correspondance biunivoque qui conserve la masse$_{\delta_C}$ et toute mesure$_{L\,ou\,H}$.*

Applications. — I. *Ensembles applicables l'un sur l'autre.* — Quand une surface S est applicable sur le plan au sens de Lebesgue, cette application conserve la longueur des arcs de Jordan. Du point de vue métrique interne de la surface, la mesure$_{L\,ou\,H}$ de tout ensemble est aussi conservée ; mais si la surface est plongée dans un espace cartésien, le diamètre des arcs de géodésiques ne peut pas être plus grand sur la surface S que sur le plan. Il en résulte que *la mesure$_{L\,ou\,H}$ de tout ensemble de* S *est inférieure ou égale à celle de l'ensemble plan correspondant.* Seule l'aire des ensembles est invariante.

Nous avons construit entre autres des exemples où un ensemble parfait plan de mesure linéaire non nulle a une image sur S, de mesure différente ou même nulle (par un tel ensemble ne passe évidemment aucun arc rectifiable).

On est amené ainsi à donner une nouvelle définition de l'applicabilité :

Définition. — E étant un ensemble cartésien, à tout point M de E je fais correspondre, de façon univoque et continue, deux points M_1 et M_2 situés respectivement dans deux espaces cartésiens.

Les ensembles obtenus E_1 et E_2 sont dits applicables$_{\delta_C}$ l'un sur l'autre, relativement à E lorsque les deux images de tout sous-ensemble de E ont même masse$_{\delta_C}$.

Par exemple deux arcs de même longueur ne sont par toujours applicables$_{\delta_c}$ l'un sur l'autre.

Les surfaces S applicables$_{\delta_c}$ sur le plan sont encore très générales; la variation des plans tangents à S, quand ils existent, peut être par exemple discontinue en tout point.

Pour conserver le point de vue de Lebesgue, on pourrait exiger seulement que les masses$_{\delta_c}$ d'une certaine famille d'ensembles soient invariantes dans l'application.

Remarquons aussi que, à toute définition Δ, correspond une définition de l'applicabilité analogue à celle donnée pour δ_c.

II. *Variation totale.* — Soit $y = f(x)$ définie sur un ensemble E de Ox. Soient F_n l'ensemble des valeurs de la fonction qui sont prises n fois sur E; et F_∞ l'ensemble des valeurs prises une infinité de fois; nous supposerons que la mesure$_L$ de F_∞ est nulle.

Les ensembles F_n sont considérés comme des sous-ensembles de Oy. S'il existe un ensemble A mesurable$_L$, dont la masse$_{\delta_c}$ soit égale à celle de la somme des ensembles F_n, chaque F_n étant affecté du coefficient n, *la mesure$_L$ de* A *sera appelée variation totale de* $f(x)$ *sur* E.

Cette variation est invariante par toute transformation biunivoque appliquée à la variable.

Notre définition coïncide avec la définition ordinaire quand $f(x)$ *est une fonction continue quelconque et que* E *est un segment.*

III. *Intégrales.* — Soit une fonction positive $y = f(x)$ définie sur un ensemble E de Ox. Je considère l'ensemble des intervalles $0 < y < f(x)$. Je dirai que la masse$_{\delta_c}$ de cet ensemble d'intervalles représente l'intégrale $\int_E f(x)\,dx$. Si cette masse$_\delta$ est égale à celle d'un ensemble mesurable$_L$, on peut attacher alors un *nombre* à l'intégrale.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Simplification des formules de dimensions électriques et magnétiques.* Note de M. **Émile Brylinski.**

On a reproché aux systèmes électrostatique et électromagnétique l'obligation d'employer des formules de dimensions à exposants fractionnaires. Cette observation, sans importance du point de vue des principes, a une réelle valeur du point de vue pratique, car l'emploi d'exposants fractionnaires est très incommode. On peut remédier à cet inconvénient en prenant comme grandeur fondamentale, dans les formules de dimensions, la charge électrique du système électromagnétique au lieu de la masse. Cette substitution, qui ne met en jeu aucune question de principe, conduit aux résultats particulièrement simples qu'indique le tableau ci-après.

Grandeurs.	Formules de dimensions dans le système électrostatique.	électromagnétique.
Constante diélectrique	1	$L^{-2}T^2$
Perméabilité magnétique	$L^{-2}T^2$	1
Masse matérielle	Q^2L^{-1}	Q^2L^{-1}
Énergie	Q^2LT^{-2}	Q^2LT^{-2}
Charge électrique	QLT^{-1}	Q
Courant électrique	QLT^{-2}	QT^{-1}
Potentiel électrique	QT^{-1}	QLT^{-2}
Champ électrique	$QL^{-1}T^{-1}$	QT^{-2}
Induction électrique (ou déplacement)	$QL^{-1}T^{-1}$	QL^{-2}
Capacité électrique	L	$L^{-1}T^2$
Résistance électrique	$L^{-1}T$	LT^{-1}
Self-inductance	$L^{-1}T^2$	L
Champ magnétique	QT^{-2}	$QL^{-1}T^{-1}$
Induction magnétique	QL^{-2}	$QL^{-1}T^{-1}$
Flux d'induction magnétique	Q	QLT^{-1}
Force magnétomotrice	QLT^{-2}	QT^{-1}
Réluctance	LT^{-2}	L^{-1}

RAYONS X. — *Spectre* L *et niveaux caractéristiques du celtium* (72) *et émissions* L *faibles du celtium et du tantale.* Note de Mlle **Ioana Manescu**.

L'étude du spectre L d'émission et d'absorption du celtium (72) et du tantale (73) a fait l'objet d'un Mémoire que j'ai présenté comme Diplôme d'Études supérieures devant la Faculté des Sciences de Paris, le 3 juin 1942. La technique expérimentale, d'après H. Hulubei et Y. Cauchois, ayant été décrite en détails, je me limite à donner ici les résultats numériques.

Tableau I. — *Émissions du celtium.*

		λ u.x. Traité de Siegbahn.	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.
L_I	$M_{II}\,\beta_4$	1389,3	1389,32	655,91	25,610
	$M_{III}\,\beta_3$	1349,7	1350,20	674,91	25,979
	$M_{IV}\,\beta_{10}$	1296,7	1295,50	703,41	26,522
	$M_V\,\beta_9$	1287,0	1287,58	707,73	26,603
	$N_{II}\,\gamma_2$	1141,3	1142,05	797,92	28,248
	$N_{III}\,\gamma_3$	1135,6	1136,05	802,14	28,650
	$O_{II}\,\gamma'_4$	1100,1	1101,47	827,32	28,763
	$O_{III}\,\gamma_4$		1100,74	827,87	28,773
L_{II}	$M_I\,\eta$	1519,7	1520,09	599,48	24,484
	$M_{IV}\,\beta_1$	1371,1	1371,25	664,55	25,771
	$N_I\,\gamma_5$	1212,1	1212,85	751,34	27,410
	$N_{IV}\,\gamma_1$	1176,5	1176,56	774,52	27,830
L_{II}	$N_{VI,\,VII}$	—	1155,90	788,36	28,070
	$O_I\,\gamma_8$	—	1158,97	786,27	28,040
	$O_{IV}\,\gamma_6$	—	1152,80	790,48	28,109
L_{III}	$M_I\,l$	1777,4	1777,67	512,62	22,640
	$M_{IV}\,\alpha_2$	1577,04	1577,19	577,78	24,037
	$M_V\,\alpha_1$	1566,07	1566,33	581,78	24,120
	$N_I\,\beta_6$	1371,1	1371,25	664,55	25,779
	$N_{IV}\,\beta_{15}$	—	1325,08	687,71	26,224
	$N_V\,\beta_2$	1323,5	1323,64	688,46	26,238
	$N_{VI,\,VII}\,\beta'_7$	—	1298,95	701,54	26,486
	$O_I\,\beta_7$	1303,5	1302,94	696,39	26,446
	$O_{IV,\,V}\,\beta_5$	1296,7	1294,92	703,72	26,528

Certaines raies fortes d'émission du celtium ont déjà été publiées ([1]), ainsi que le spectre L du tantale ([2]) (émissions fortes, absorption et niveaux caractéristiques).

Dans le tableau I figurent les émissions fortes *de diagramme* du celtium, dont les fréquences ont servi au calcul des niveaux; mes valeurs s'écartent de 0,08 à 1 u. x. de celles antérieurement admises. Plusieurs raies sont ici déterminées pour la première fois. J'ai réussi à déceler les émissions faibles de quadripôle et interdites (tableau II) et les satellites les plus intenses de β_2, γ_1 et γ_2 (tableau III). Pour le celtium, aucune de ces émissions n'était connue; pour le tantale, certaines d'entre elles avaient été déterminées ([3]).

L'absorption du celtium a été obtenue grâce à un écran absorbant d'oxyde de celtium. Les trois discontinuités et les deux raies blanches qui accompagnent L_{III} et L_{II} ont été mesurées avec une précision de l'ordre de 0,01 u. x.

TABLEAU II. — *Raies de quadripôle faibles et raies interdites.*

	Celtium.			Tantale.			
	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$ (obs.).	$\frac{\nu}{R}$ (calc.).	λ u.x. Kaufman.	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$ (obs.).	$\frac{\nu}{R}$ (calc.).
L_I M_I *i*....	1427,29	638,46	638,45	–	–	–	660,94
N_I *i*....	1124,44	810,42	810,35	–	1112,90	818,82	818,76
N_{IV} *q*...	1120,17	813,51	813,52	1081,2	1081,55	842,56	842,62
V_V *q*...	1119,14	814,25	814,25	1079,7	1079,82	843,90	843,42
$N_{VI,VII}$ *q*.	–	–	827,35	–	1061,37	858,58	858,61
O_I *i*.....	1104,35	825,16	825,22	1066,3	1065,50	855,25	855,14
$O_{IV,V}$ *q*..	1098,58	829,49	829,50	1059,6	1059,73	859,91	859,99
L_{II} M_{II} *i*...	1477,57	616,73	616,74	–	1427,52	638,36	638,38
M_{III} *q*...	1433,45	635,66	635,74	–	–	–	658,59
M_V *q*...	–	–	668,56	1316,3	1316,23	692,33	692,41
N_{II} *i*....	–	–	758,75	–	–	–	785,87
N_{III} *q*...	–	–	762,97	1152,5	1152,91	790,41	790,38
N_V *q*...	1175,44	775,25	775,24	–	1134,51	803,23	803,22
O_{II} *i*....	–	–	788,15	1115,1	1115,57	816,86	816,88
O_{III} *q*...	–	–	788,70		1114,62	817,56	817,50
L_{III} M_{II} (*t*)..	1719,48	529,96	529,96	–	1669,18	545,94	545,96
M_{III} (*s*)..	1660,01	548,95	548,96	–	1609,30	566,25	566,17
N_{II} *q*...	1356,05	672,00	671,97	1313,5	1314,04	693,49	693,45
N_{III} *i*....	1347,73	676,15	676,19	1306,0	1305,89	697,82	697,96
O_{II} *q*...	–	–	701,37	1257,6	1257,66	724,57	724,46
O_{III} *q*...	–	–	701,92		1256,71	725,12	725,08

(1) I. MANESCU, *Bull. Acad. Roumaine*, **23**, 1941, pp. 300-302.

(2) I. MANESCU, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 1007.

(3) S. KAUFMAN, *Phys. Rev.*, **45**, 1934, pp. 385 et 613.

TABLEAU III. — *Satellites β et γ.*

	Celtium (72).				Tantale (73).				
	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.	$\Delta\frac{\nu}{R}$.	λ u.x. Kaufman.	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.	$\Delta\frac{\nu}{R}$.
β'_2......	1316,81	692,03	26,307	3,57	1275,2	1275,39	714,50	26,730	3,62
β''_2......	1314,29	693,35	26,361	4,89	1273,3	1273,37	715,64	26,740	4,76
γ'_1......	1170,54	778,50	27,902	3,98	1129,5	1129,42	806,85	28,405	4,42
γ'_2......	1139,33	799,83	28,281	1,91	1100,3	1100,33	828,18	28,780	2,11
γ''_2......	1129,58	806,73	28,403	8,81	–	1091,41	834,95	28,808	8,88

TABLEAU IV. — *Absorption du celtium.*

		λ u.x. *Traité* de Siegbahn.	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.	$\Delta\frac{\nu}{R}$.
L_{III}	Discontinuité....	1293,0	1294,51	703,95	26,530	0
	Raie blanche.....	–	1293,72	704,38	26,540	0,43
L_{II}	Discontinuité....	1151,5	1152,44	790,73	28,129	0
	Raie blanche.....	–	1151,82	791,15	28,126	0,42
L_I	Discontinuité....	1097	1097,35	830,43	28,817	–

TABLEAU V. — *Niveaux caractéristiques du celtium* (72).

	$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.	Électronvolts.		$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.	Électronvolts.
K.....	4813,59	69,407	65209,70	N_I.....	39,39	6,275	533,61
L_I.....	829,74	28,800	11240,49	N_{II}.....	31,98	5,655	433,23
L_{II}.....	790,73	28,129	10712,02	N_{III}....	27,76	5,271	376,06
L_{III}....	703,95	26,530	9536,41	N_{IV}....	16,22	4,027	219,73
M_I.....	191,29	13,830	2591,40	N_V....	15,49	3,935	209,84
M_{II}....	173,99	13,190	2357,04	$N_{VI,VII}$..	2,39	1,546	32,38
M_{III}....	154,99	12,449	2099,65	O_I.....	4,52	2,126	61,23
M_{IV}....	126,17	11,232	1709,22	O_{II}.....	2,58	1,606	34,95
M_V....	122,17	11,053	1655,04	O_{III}....	2,03	1,424	27,50
				$O_{IV,V}$...	0,24	0,048	3,25

ÉLECTRONIQUE. — *Méthode de séparation des isotopes basée sur l'emploi des champs électriques tournants de haute fréquence.* Note de M. **Julien Martelly**, transmise par M. Aimé Cotton.

Le dispositif proposé est un filtre de vitesse, destiné à trier, dans un faisceau d'ions positifs, les particules de vitesse donnée. Si le faisceau est homogène en énergie, ou s'il le devient par *filtration des énergies* (déviation sélective dans un champ électrique constant), il permet d'isoler les ions d'une masse donnée. Cette séparation se fera sans le secours du champ magnétique, qu'il est difficile de réaliser assez intense pour les éléments lourds.

Son principe consiste à faire agir sur un faisceau parallèle deux champs

électrostatiques tournants de haute fréquence ν (1). Ces deux champs, perpendiculaires à la vitesse initiale V des particules, sont créés par deux systèmes identiques d'électrodes S_1 S_2, séparées par la distance l. Supposons, pour fixer les idées, qu'ils soient en opposition de phase. Une même particule, après les avoir successivement traversés, en reçoit deux composantes de vitesse V_1 et V_2, de même valeur absolue, normales à V, formant un angle $\varphi + \pi$ (*fig.* 1)

$$\varphi = 2\pi\nu \frac{l}{V}. \tag{1}$$

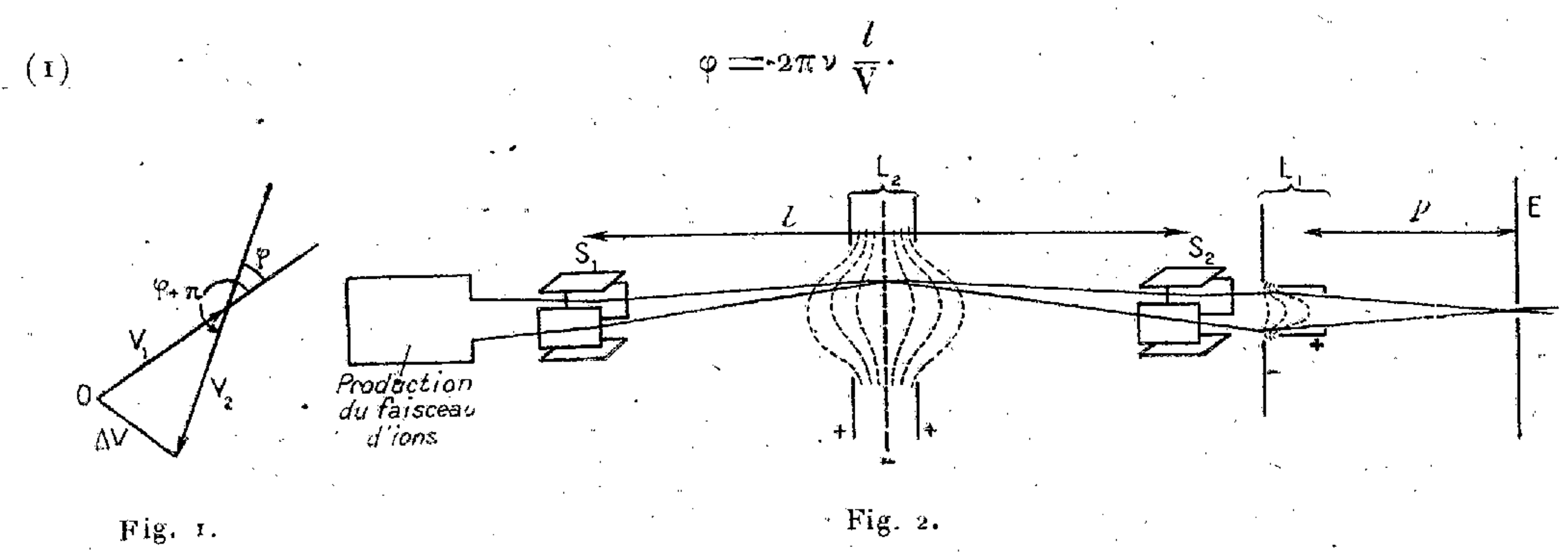


Fig. 1. Fig. 2.

La résultante ΔV est nulle à la condition $\varphi = 2K\pi$ (K entier quelconque positif) ou

$$V = \frac{\nu l}{K}. \tag{2}$$

Une lentille électrique L_1 (ou d'une façon plus générale, un système convergent), placée à la suite, groupe toutes les particules de même vitesse et de même masse sur une circonférence. Si la vitesse satisfait à la condition (2), cette circonférence est réduite à un point, quelle que soit la masse des particules. *Un écran placé dans le plan de l'image et percé d'un orifice en ce point laisse donc passer une ou plusieurs* bandes *étroites de vitesses.*

Chacun des systèmes S_1 et S_2 sera constitué par deux couples d'électrodes formant deux condensateurs plans perpendiculaires entre eux. Ou bien ils agiront sur un même point du faisceau et seront alors soumis à des tensions alternatives en quadrature, ou bien ils seront décalés de la distance franchie en un quart de période par les ions, et seront alors soumis à des tensions en phase.

Il est à remarquer que la théorie précédente n'est pas compromise si les

(1) Cette méthode est à rapprocher de celle de Smythe et Mattauch, qui utilise un champ de haute fréquence de direction unique (W. R. SMYTHE, *Phys. Rev.*, 28, 1926, p. 1275; W. R. SMYTHE et J. MATTAUCH, *Phys., Rev*, 40, 1932, p. 426; J. MATTAUCH, *Phys. Zeit.*, 33, 1932, p. 899; W. R. SMYTHE, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 299). Nous pensons que l'emploi d'un champ tournant, en dispersant plus complètement les particules, permettra une sélection plus aisée et évitera notamment les passages de raies parasites (ou *fantômes*). De plus l'emploi des méthodes de focalisation doit permettre l'utilisation de faisceaux intenses en vue de la collection matérielle des isotopes.

extrémités des vecteurs tournants (champs, vitesses V_1 et V_2) ne décrivent pas rigoureusement des mouvements circulaires uniformes, soit parce que les oscillations de haute fréquence sont accompagnées de leurs harmoniques, soit parce que les systèmes S_1 et S_2 ne possèdent pas la symétrie voulue. Il est facile de voir que les vitesses V_1 et V_2 pourront néanmoins se compenser exactement, pourvu que les deux systèmes soient identiques, imprimant à une même particule des impulsions variant suivant la même loi.

Par contre, si l'on cherche à augmenter la sélectivité en augmentant les déviations, on sera limité par le déplacement latéral des trajectoires entre S_1 et S_2 qui fera sortir les particules hors de la région de champ uniforme dans le système S_2. Cette difficulté peut être éliminée par l'emploi d'une lentille électrostatique à grille L_2, du type L. Cartan ([2]), par rapport à laquelle S_1 et S_2 seront conjugués et symétriques (*fig.* 2). Le faisceau est ainsi ramené vers S_2 quelle que soit la déviation imprimée par S_1. La seule modification à la théorie précédente est un changement de signe pour V_1. Pour que L_2 ne modifie pas l'ouverture du faisceau, il sera nécessaire de le faire initialement converger sur la lentille.

On peut caractériser le pouvoir de sélection de l'appareil par le rayon σ de la circonférence où se répartiront les masses $m+dm$, lorsque les masses m de même énergie sont groupées au centre. Soient $\alpha=V_1/V$ la déviation due à un seul champ, p la distance de l'image finale à la lentille L_1, $\sigma=p\alpha.d\varphi$; de (1) on tire $d\varphi/\varphi=-dV/V$.

Si $mV^2=$const., on a $2(dV/V)=-(dm/m)$, d'où $d\varphi=(\varphi/2)(dm/m)=K\pi(dm/m)$,

$$\sigma=K\pi p\alpha\frac{dm}{m}. \tag{3}$$

Soit, par exemple, à isoler les isotopes du mercure $(dm/m=1/200)$ dans un faisceau dont l'énergie est de l'ordre de 20000 électron-volts ($V=14.10^6$ cm/sec). Si $l=28^{cm}$, la condition (2) donne $\nu=(K/2).10^6\,sec^{-1}$. La fréquence correspondant à la longueur d'onde de 150^m conduit à $K=4$. Adoptons $p=30^{cm}$ et $\alpha=1/10$ radian. La formule (3) donne $\sigma=2^{mm}$, c'est-à-dire que, si l'orifice de l'écran a un rayon de 1^{mm}, il laissera passer une bande de vitesse dans laquelle un champ électrostatique pourra isoler les différents isotopes (si l'on tient à une séparation rigoureuse, il faudra tenir compte des défauts de l'*optique* du système, qui imposeront de réduire cette dimension).

([2]) *Journ. de Phys.*, 8, 1937, p. 111.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *A propos de la classification des moteurs à courant continu.* Note (¹) de M. **Joseph Bethenod**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans les traités d'Électrotechnique, on classe généralement les divers types de moteurs à courant continu selon les catégories suivantes :

1° Moteurs à excitation séparée;

2° Moteurs à excitation en dérivation (shunt);

3° Moteurs à excitation série;

4° Moteurs à excitation composée, avec enroulements inducteurs magnétisants excités séparément, dont l'action est *renforcée* par des enroulements parcourus par le courant d'induit;

5° Moteurs à excitation composée, avec enroulements inducteurs magnétisants branchés en dérivation aux bornes de l'induit, dont l'action est *renforcée* par des enroulements parcourus par le courant d'induit;

6° Moteurs à excitation composée, avec enroulements inducteurs magnétisants excités séparément ou branchés en dérivation aux bornes de l'induit, dont l'action est *affaiblie* par des enroulements parcourus par le courant d'induit.

On sait d'ailleurs qu'avec une alimentation sous tension constante, les moteurs 1° et 2° sont équivalents, et il en est de même pour les types 4° et 5° (moteurs dits compound). Quant aux moteurs du type 6°, ils ont été proposés par Ayrton et Perry, dès l'origine de l'Électrotechnique (moteurs dits anti-compound), notamment en vue d'obtenir une vitesse sensiblement constante quelle que soit la charge, avec un moteur alimenté sous potentiel constant et ayant tendance à une forte chute de vitesse; cette utilisation ne s'est pas étendue dans la suite, le résultat effectif se traduisant généralement par une marche instable, comportant une *augmentation* de la vitesse avec la charge.

A la liste ci-dessus, manque cependant une 7ᵉ catégorie qui peut offrir des avantages appréciables dans certaines applications : il s'agit de moteurs à excitation composée dans lesquels l'action magnétisante d'ampèretours inducteurs série est *affaiblie* par des ampèretours indépendants ou shunt. Il est assez curieux de constater que cette catégorie, pourtant bien plus intéressante que la 6ᵉ, a été complètement négligée dans les traités d'Électrotechnique. J'en ai reconnu les propriétés essentielles dès 1920, et le développement actuel des véhicules électriques à accumulateurs vient de lui donner un regain d'intérêt (moteurs dits antishunts). La théorie de ce genre de moteurs, non encore publiée, est fort simple à établir; je me propose d'en exposer ici les résultats.

A. *Moteurs alimentés sous tension constante* U. — Si l'on suppose d'abord que le circuit magnétique n'est pas saturé et si l'on désigne par I le courant

(¹) Séance du 15 juillet 1942.

dans l'induit, R la résistance ohmique de celui-ci et de l'inducteur série, ω la vitesse angulaire, N le nombre de spires de l'enroulement inducteur série, A les ampèretours indépendants (ou shunt), K une constante, on obtient facilement

$$(1) \qquad I = \frac{U + KA\omega}{R + KN\omega},$$

tandis que le couple C est donné par

$$(2) \qquad C = \frac{K(U + KA\omega)(NU - RA)}{(R + KN\omega)^2}.$$

On constate donc, d'après (1), que le courant I tend vers la valeur A/N, quand la vitesse ω augmente indéfiniment; quant au couple C, il diminue évidemment moins vite, lorsque cette vitesse croît, qu'avec un moteur série ($A = 0$).

Les propriétés bien connues de celui-ci sont donc encore exaltées, pour ainsi dire, et un moteur antishunt peut être très avantageux pour la traction électrique à accumulateurs, la puissance utile et le courant absorbé demeurant constants, dans de grandes limites de vitesse. D'ailleurs un rhéostat et un inverseur manœuvrés par le conducteur permettent aisément, suivant une proposition de MM. Belfils et Valentin, de faire passer les ampèretours-shunt de la valeur négative $-A$ à une valeur positive A'; dans ce dernier cas le moteur est transformé en moteur compound du type usuel, ce qui convient admirablement au démarrage et à la marche sur rampe.

Si le moteur considéré possède un circuit inducteur saturé, les conclusions précédentes subsistent; il est du reste très aisé d'étudier complètement le cas, en utilisant les constructions graphiques que j'ai données, il y a 38 ans [2], pour l'étude des moteurs à courant continu.

Le courant I, mesuré sur l'axe des abscisses, doit alors être compté à partir d'un point situé à la distance A/N à gauche de l'origine de la caractéristique à vide.

B. *Moteurs alimentés sous courant constant* I. — On supposera qu'un enroulement en dérivation soustractif est branché aux bornes de l'ensemble formé par l'induit et l'inducteur-série.

Soient r sa résistance ohmique et n le nombre de spires-shunt; on obtient aisément, pour le couple C, l'expression

$$(3) \qquad C = \frac{(Nr - nR)(r + Kn\omega)}{[r + R + K(n + N)\omega]^2} \times KI^2,$$

qui est de la même forme que l'expression (2) en fonction de la vitesse ω, la saturation du circuit magnétique étant supposée négligeable dans les deux cas.

---

[2] Cf. *La Houille blanche*, mars 1904.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Influence du chlore en 1 sur l'état de labilité de l'oxygène des photooxydes anthracéniques.* Note de MM. **Charles Dufraisse, Léon Velluz** et **Robert Demuynck**, présentée par M. Marcel Delépine.

La particularité qu'a le diméthoxy-1.4 diphényl-9.10 anthracène (I) de former un photooxyde dissociable à froid (1), revient sans doute au phénomène de mésomérie dû aux doublets libres d'électrons des deux atomes d'oxygène.

Nous avons recherché si les halogènes, qui disposent aussi de paires libres d'électrons, ne favoriseraient pas de même la dissociation du photooxyde. Il n'en a rien été (2) par substitution de deux chlores aux deux méthoxyles (II).

Nous présentons aujourd'hui l'étude du cas mixte, faite en vue de voir si la présence d'un méthoxyle en 1 ne déterminerait pas l'entrée en jeu du système électronique d'un chlore en 4.

La photooxydation du méthoxy-1 chloro-4 diphényl-9.10 anthracène, (III), est une opération laborieuse à conduire et elle a échoué longtemps. En solution sulfocarbonique, le produit est trop sensible à la lumière et se résinifie rapidement. Cette photosensibilité est analogue à celle des corps diméthoxylés précédemment étudiés (1) : comme elle n'existe pas chez le corps simplement chloré (2), (II), elle est due au méthoxyle, lequel ainsi nous avait paru devoir jouer le rôle espéré d'entraîneur. En éther, où la photosensibilité est moindre, on constate la production d'un corps incolore, cristallisé, qui est le photooxyde attendu, mais on ne réussit pas à le former avec des rendements élevés à cause de la résinification. Les meilleures conditions pour le retirer sont celles où la photooxydation est assez avancée sans que se soit encore formée trop de résine, mais il reste alors une notable proportion du produit primitif, peu différent par sa solubilité de son photooxyde. Les rendements sont mauvais et ne dépassent pas 10 % en cristaux exempts de produit primitif. Le corps est pourtant bien le photooxyde attendu; il se dissocie à chaud en libérant de

I: C^6H^5, OCH^3 / C^6H^5, OCH^3 — III: C^6H^5, OCH^3 / C^6H^5, Cl

II: C^6H^5, Cl / C^6H^5, Cl — IV: C^6H^5, OCH^3 / C^6H^5

(1) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 9, 1942, p. 171.

(2) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *ibid.*, p. 185.

l'oxygène pur, dans la proportion de 89 %, et en régénérant le composé anthracénique initial.

L'influence des deux substituants sur l'état de labilité de l'oxygène dans le photooxyde s'est révélée négligeable puisque la température de dissociation est la même, 180°, que celle qui a été trouvée pour le photooxyde non substitué du mésodiphénylanthracène.

On a alors recherché ce qui se passait avec un méthoxyle seul. Le mésodiphénylanthracène méthoxylé en 1, (IV), se comporte comme son dérivé avec un chlore en 4 (III). Il présente, en sulfure de carbone, la même grande sensibilité à la lumière, avec résinification rapide, et la préparation de son photooxyde en éther n'est pas moins laborieuse que celle du corps chloré. Toutefois une différence apparaît : la dissociation du photooxyde se produit à une température nettement plus basse : 150° L'oxygène est donc un peu plus mobile chez le photooxyde simplement méthoxylé que chez le photooxyde à la fois méthoxylé et chloré.

Ainsi, au lieu d'accentuer, comme le fait un deuxième méthoxyle, l'action mobilisante du méthoxyle en 1 sur l'oxygène, un chlore en 4 exerce un effet plutôt antagoniste. Il est vrai qu'un deuxième méthoxyle, s'il exalte fortement l'influence du premier quand il est en position 4, s'est montré lui aussi antagoniste dès qu'il a eu passé au sommet 8 ([2]), et il l'a été alors plus que le chlore.

Les deux corps anthracéniques ont été préparés par la méthode usuelle : phénylation de l'anthraquinone correspondante et réduction par HI du diquinol formé. On a obtenu par cette voie : le dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 diphényl-9.10 méthoxy-1 chloro-4 anthracène, $C^{27}H^{21}O^{3}Cl$, cristaux incolores, fus. inst. 266-267°; le méthoxy-1 chloro-4 diphényl-9.10 anthracène, $C^{27}H^{19}OCl$ (III), cristaux jaunes, fus. inst. 172-173°; le dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 diphényl-9.10 méthoxy-1 anthracène, $C^{27}H^{22}O^{3}$, cristaux incolores, fus. inst. 210-211°; le méthoxy-1 diphényl-9.10 anthracène, $C^{27}H^{20}O$, cristaux jaune verdâtre, fus. inst. 176-177°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'éthyl-3 pentène-3 one-2.*
Note de M. **René Heilmann**, présentée par M. Marcel Delépine.

La déshydratation en milieu sulfurique du cétol-α tertiaire

$$(C^{2}H^{5})^{2}COH-CO-CH^{3},$$

ou éthyl-3 pentanol-3 one-2 fournit, on le sait ([1]), les deux isomères *cis* et *trans* de l'éthyl-3 pentène-2 one-3 $CH^{3}-CH{=}C(CH^{2}-CH^{3})-CO-CH^{3}$, c'est-à-dire d'une alcoyl-1 alcoylidène-1 acétone (en l'espèce, l'éthyl-1 éthylidène-1 acétone). Cettte cétone peut également être préparée par déshydratation du cétol-β secondaire, $CH^{3}-CHOH-CH(CH^{2}-CH^{3})-CO-CH^{3}$,

([1]) R. Locquin et R. Heilmann, *Bull. Soc. Chim.*, **37**, 1925, p. 821; *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 705.

ou éthyl-3 pentanol-4 one-2, cétol obtenu par condensation en milieu alcalin de l'éthanal avec la méthylpropylcétone; la question se posait cependant de savoir si ce dernier processus fournissait également les deux formes stériques de l'éthyl-1 éthylidène-1 acétone, une seule semicarbazone ayant jusqu'ici été isolée à partir de la cétone préparée par ce procédé ([2]).

La condensation de l'éthanal avec la méthylpropylcétone constitue une réaction exothermique réversible, dont j'avais préalablement repris l'étude systématique en collaboration avec M. Laurent. Opérant en présence de potasse méthyl-alcoolique normale, 15$^{cm^3}$ par molécule de méthylpropylcétone en jeu, nous avions pu améliorer le rendement en cétol en utilisant un fort excès de cétone par rapport à la quantité d'éthanal mise en œuvre (sous forme de paraldéhyde décomposé par l'acide sulfurique). Ce rendement, pour une température réactionnelle maintenue à 15°, est de l'ordre de 80 % quand le rapport moléculaire de la cétone à l'aldéhyde atteint la valeur de 9; une augmentation de ce rapport n'améliore pas sensiblement le rendement. En opérant à température plus basse, par exemple à 5°, le rendement maximum peut dépasser 90 %, mais la vitesse de formation du cétol devient alors très faible. Au contraire, à une température de 25°, toutes choses égales d'ailleurs, le rendement maximum, tout en étant plus vite atteint, subit une sensible diminution.

L'éthyl-3 pentène-3 one-2, que j'obtins par déshydratation de l'éthyl-3 pentanol-4 one-2 au moyen de l'iode, se comporta, au contact de la semicarbazide, identiquement comme la cétone provenant de l'éthyl-3 pentanol-3 one-2, c'est-à-dire comme un mélange des deux isomères *cis* et *trans*.

Par des cristallisations fractionnées assez longues, la semicarbazone initiale (S) peut, en effet, être scindée en deux semicarbazones SA et SB de même composition élémentaire $C^8H^{15}ON^3$, mais possédant des points de fusion différents (respectivement 161° et 201°). Ces semicarbazones, hydrolysées par un acide dilué à l'ébullition, régénèrent des cétones distinctes dans chaque cas, A ou B, lesquelles, présentant cependant la même formule moléculaire $C^7H^{12}O$, correspondent aux deux isomères stériques. Chacune de ces cétones, traitée à nouveau par la semicarbazide, fournit alors exclusivement la semicarbazone (SA ou SB) dont on l'avait extraite.

Les alcoylidène-acétones non substituées du type général

$$R-CH=CH-CO-CH^3,$$

ne se produisent cependant pas toujours, lors de leur préparation, sous forme d'un mélange de deux isomères stériques.

C'est ainsi que l'isoamylidène-acétone semble n'exister que sous une seule forme ([3]). Quant à l'isobutylidène-acétone, elle a donné lieu à des observations contradictoires : certains auteurs ont, en effet, obtenu exclusivement l'isomère *cis* dans les mêmes conditions de préparation qui avaient conduit d'autres chercheurs à la seule forme *trans* ([4]).

([2]) J. Colonge, *Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 325.
([3]) R. Heilmann, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1345.
([4]) R. Heilmann, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 1064.

Mais, dans le cas de l'éthyl-3 pentène-3 one-2, c'est-à-dire d'une alcoyl-1 alcoylidène-1 acétone, les deux isomères stériques apparaissent au contraire, toujours et simultanément, quelle que soit la méthode de préparation utilisée.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Diffusion anormale des rayons X par le diamant.* Note de M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin

Nous avons trouvé sur les diagrammes de diffusion du diamant des phénomènes anormaux, c'est-à-dire inexplicables par la loi élémentaire de Bragg. Récemment, d'ailleurs, nous avons eu connaissance d'observations très analogues faites par plusieurs auteurs ([1]). Le diamant, d'une épaisseur de 1 à $2^{mm},5$, était traversé par un faisceau de rayons X strictement monochromatiques (raie $MoK\alpha$). Si, à partir d'une position du cristal pour laquelle il y a réflexion sur un plan 111, on tourne celui-ci d'un petit angle, on voit apparaître, au voisinage de l'emplacement de la tache de Bragg, un groupe de quatre taches d'intensité très faible. L'une, diffuse, est la tache due à l'agitation thermique : son intensité croît avec la température et elle se trouve à la position prévue. Les trois autres, insensibles à l'action de la température, sont très nettes. Leur position est définie par l'intersection de la sphère de réflexion avec trois droites issues du nœud 111, parallèles aux trois axes du cube du réseau réciproque. La zone de diffusion anormale est constituée par trois petits segments perpendiculaires entre eux ayant le nœud 111 pour centre. L'intensité de la diffusion décroît à partir du nœud, la tache cessant d'être observable pour une distance un peu inférieure à l'arête de la maille du réseau réciproque.

Autour des autres nœuds, les phénomènes sont bien moins nets : certaines taches apparaissent à la position attendue, mais jamais les trois taches simultanément. Nous admettrons néanmoins que les mêmes zones de diffusion se reproduisent autour de chaque nœud, car, dans tous les cas particuliers étudiés (nœuds 220, 113, 400), il est possible d'expliquer pourquoi les taches deviennent de moins en moins visibles et pourquoi une ou deux taches ne sont pas observables. Le fond continu du cliché, dû principalement au rayonnement Compton, augmente d'intensité avec l'angle de diffusion; et la zone de diffusion d'origine thermique devient relativement plus intense autour des nœuds d'indices croissants. Les trois taches anormales cherchées seront donc plus difficilement perceptibles, d'autant plus que, de même que les taches de Bragg, elles deviennent plus larges, à cause des conditions géométriques de l'expérience. La distance du nœud à la sphère de réflexion le long de chacun des segments parallèles aux arêtes du cube est différente : c'est une première raison d'attendre des intensités

(1) K. Lonsdale et H. Smith, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 617; Raman et Nilakantan, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 63.

inégales pour les trois taches. De plus, la divergence du faisceau incident joue un rôle très différent pour chacune d'elles : si son influence est très faible, toute l'intensité diffusée est alors concentrée comme si le faisceau était parallèle, mais, si la surface de la tache est accrue notablement, l'intensité de celle-ci devient si faible, qu'elle disparaît dans le fond continu. Il n'y a qu'autour du nœud 000 (centre du réseau réciproque) que la zone de diffusion anormale n'existe pas.

De la répartition dans l'espace réciproque des zones de diffusion, il faut déduire une disposition des atomes dans le réseau cristallin qui puisse en rendre compte. La diffusion localisée sur les rangées parallèles aux axes 100 du réseau réciproque constitue la figure de diffraction de plans isolés 100. Donc, dans le réseau réel des diamants utilisés, il n'y a plus destruction totale des amplitudes diffractées par des plans 100 successifs pour des angles différents de l'angle de Bragg. Comme il n'y a pas de diffusion anormale au voisinage du centre du diagramme, cela ne peut provenir d'inégalités du pouvoir diffusant de plans isolés : il y a décalage de certains plans 100 par rapport à leurs voisins. Ces défauts doivent s'étendre sur des surfaces d'un diamètre de l'ordre de $0^{\mu},1$ au moins, à cause de la netteté des taches anormales. Les variations de la distance réticulaire peuvent être causées par les tensions internes qui, en fait, existent toujours dans le diamant : mais les phénomènes de biréfringence montrent que celles-ci ont des directions variant d'une façon continue et sans relation avec les axes du cube ([2]). Mais on peut supposer que les accidents qui limitent les petits blocs de la mosaïque cristalline ont des directions bien définies : ils seraient situés dans des plans parallèles aux faces du cube. Ce ne sont donc pas des plans de clivage ni des faces naturelles du cristal. L'altération des distances entre les plans périphériques de ces blocs serait la cause de la diffusion anormale observée. Dans ce phénomène aucun fait expérimental n'est en faveur de l'hypothèse de Zwicky sur la régularité de la distribution des plans perturbés. Bien que de tels défauts existent probablement dans tout cristal, la diffusion qui en résulte est masquée par la diffusion due à l'agitation thermique des atomes. Dans le cas du diamant, cette dernière est exceptionnellement faible; ainsi d'autres perturbations du réseau peuvent se manifester.

GÉOLOGIE. — *Sur les fractures hercyniennes et tertiaires de la Montagne Noire.* Note de M. **Bernard Gèze**, présentée par M. Charles Jacob.

L'ensemble de terrains antéhercyniens, prolongement méridional du Massif Central auquel les géologues étendent la dénomination de Montagne Noire, était considéré comme un pays de structure plissée, parfois assez violemment

([2]) G. Friedel, *Bull. Soc. Min.*, 47, 1924, p. 60.

pour renfermer des écailles ou des nappes, mais non faillé. Mes observations récentes montrent que la structure se complique de nombreuses fractures subverticales, les unes hercyniennes, les autres tertiaires, mais consistant en un rejeu probable d'accidents antérieurs.

1. *Grande faille de la Montagne Noire et faille des Monts de Lacaune.* — A la suite des observations morphologiques de A. David [1] sur la Montagne Noire *sens. str.* et de J. Le Roy [2] sur les Monts de l'Espinouse, il était permis de supposer que l'unité la plus méridionale (Montagne Noire *sens. str.*, et Avant-Monts du versant Sud) était séparée de l'unité centrale (Plateau de l'Agout et Monts de l'Espinouse) par une importante ligne de contact anormal. F. Ellenberger [3] a étudié la partie occidentale de cet accident sur près de 60^{km} et l'a décrit sous le nom de *Faille de Mazamet.* J'ai pu vérifier son importance dans cette zone et montrer que les formations primaires étaient déversées au NW et au N vers les terrains paléogènes de Castrais et de la vallée du Thoré sur une profondeur d'environ 2^{km} [4]. Enfin j'ai reconnu récemment sa prolongation orientale dans le flanc Nord des vallées du Thoré, du Jaur et de l'Orb moyen, depuis Labastide-Rouairoux jusqu'au Poujol, où les gneiss de la Montagne Noire, puis les formations datées du Primaire, viennent buter contre l'axe métamorphique des Monts de l'Espinouse. Plus à l'Est encore, la suite du même accident avait été observée au Sud de Bédarieux (Faille du Tantajo) et dans la région de Mourèze-Clermont-l'Hérault, de telle sorte que, individualisée sur environ 125^{km} de l'Ouest à l'Est, et se reliant ensuite aux branches les plus méridionales du faisceau SW-NE de la *Faille des Cévennes*, cette *Grande faille de la Montagne Noire*, dont le pendage Sud oscille entre 60° et la verticale, apparaît comme l'un des principaux éléments de la tectonique pyrénéenne dans la bordure méridionale du Massif Central.

Il semble que l'unité centrale (Plateau de l'Agout et Monts de l'Espinouse) soit de même, sur une longueur d'au moins 60^{km}, séparée de l'unité septentrionale (Avant-Monts du versant Nord de Lacaune et de l'Orb supérieur) par un accident assez comparable. Bien franche à l'Est, et reconnue depuis longtemps entre Mourèze et La Tour-sur-Orb, je crois que cette faille subverticale se poursuit au Sud du bassin houiller de Graissessac et vers Murat-sur-Vèbre, Lacaune et Brassac; mais il est difficile de distinguer la part due à l'écrasement hercynien décrit par M. Thoral [5] de la probable reprise tertiaire, qui aurait contribué au soulèvement de la bordure métamorphique des Monts de Lacaune au-dessus de l'avant-pays situé au Nord, cette *Faille des Monts de Lacaune* demeurant donc en partie hypothétique dans sa moitié occidentale.

2. *Fractures subméridiennes des Avant-Monts de la Montagne Noire.* — Dans la bordure sédimentaire primaire située au Sud de l'axe métamorphique, on peut distinguer en premier lieu de petites fractures radiales, qui s'expliqueraient par le jeu disharmonique de matériaux différents sur la marge des formations calcaires cambriennes ou dévoniennes, et auxquelles il ne semble pas qu'il faille attribuer une très grande importance structurale.

En deuxième lieu, dans la même région, il existe une succession de grands accidents verticaux ou légèrement inclinés, de direction N-S, avec tendance à NNE-SSW, qui paraissent quelquefois résulter seulement de l'exagération de courbures sigmoïdes. Je les avais déjà

---

(1) *Ann. de Géogr.*, **29**, 1920, pp. 241-260, 4 fig., 2 pl.

(2) *Ann. de Géogr.*, **40**, 1934, pp. 236-254, 8 fig., 2 pl.

(3) *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, **72**, 1940, pp. 403-406, 9 fig.

(4) *Comptes rendus*, **211**, 1940, pp. 403-406.

(5) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, **38**, n° **192**, 1935, p. 59.

signalés aux environs de Ferrals-les-Montagnes ([6]), mais j'ai récemment constaté qu'ils se poursuivent au moins jusqu'au méridien d'Olargues et peut-être au delà. Les six principaux actuellement reconnus (Failles de Ferrals, Bardou-Montaud, Lucarnis-Jalbert, Vignole-La Camp, Campels, Rautély) dépassent en moyenne 10 à 15^{km} de longueur et leur rejet atteindrait plusieurs centaines de mètres en leur milieu. Le rejet semble s'atténuer vers l'extrémité méridionale des failles, dans la zone que recouvrent les sédiments tertiaires, tandis qu'au Nord, la confusion régnant dans la vallée du Jaur empêche de préciser leurs rapports avec des continuations probables dans les Monts de l'Espinouse.

3. *Fractures intéressant l'axe métamorphique Montagne Noire-Espinouse.* — A ma connaissance, il n'a jamais été fait allusion dans l'axe métamorphique qu'à des accidents de direction parallèle à l'allongement du massif et soulignés par des injections filoniennes. J'ai reconnu cependant que le grand noyau granitique des Martys (Montagne Noire *sens. str.*) était certainement tronqué vers le Sud-Ouest par une importante faille NW-SE, au voisinage de laquelle se rencontrent de nombreux filons parallèles de quartz aurifère.

Enfin L. Calembert ([7]) vient de découvrir la présence dans les Monts de l'Espinouse d'un système N-S de filons quartzeux à minéralisation du groupe B. G. P., entre le méridien de Saint-Vincent, à l'Ouest, et celui du Verdier, à l'Est. Je crois qu'il convient d'en rapprocher les dykes de même orientation, connus dans les régions de Lamalou et de Murat-sur-Vèbre, et de les considérer comme la suite probable des fractures des Avant-Monts du versant méridional, au delà de la Grande faille de la Montagne-Noire.

Dans l'état actuel des recherches, si pour les failles longitudinales l'âge pyrénéen me paraît probable, par contre celui de tous les accidents subméridiens ou NW-SE n'est pas connu avec précision. Il semble toutefois logique de les considérer comme résultant d'une manifestation tardive, postérieure aux grands plissements et aux venues granitiques de la phase hercynienne majeure, et probablement post-autunienne.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la zone de Corte (Corse).* Note de M. **Pierre Routhier**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai exposé, en les accompagnant d'une carte schématique ([1]), mes observations sur la constitution lithologique de la *zone de Corte*, bande discontinue de terrains métamorphiques pincée entre le massif granitique occidental et les schistes lustrés de la Corse nord-orientale. La structure de cette zone a déjà donné lieu à diverses hypothèses; examinons-les pour les discuter à la lumière de ces nouvelles données lithologiques.

1. La zone de Corte est autochtone par rapport au massif granitique. — Cette interprétation est exprimée par les contours de E. Maury (Feuille de Corte au 1:80.000^{e}). Les contacts entre le massif granitique et la série des *schistes de Corte*, ainsi qu'entre les divers termes de cette série, sont normaux.

([6]) *C. R. Serv. Carte géol. Fr.*, 40, 1939, pp. 141-144.

([7]) L. Calembert et B. Gèze, *C. R. Soc. géol. Fr.*, 1er juin 1942.

([1]) P. Routhier, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 15 juin 1942.

2. La zone de Corte est déplacée par rapport au massif granitique. — La preuve de ce déplacement est fournie par la découverte de puissantes brèches tectoniques intercalées entre les *vieux schistes* et cornéennes (Primaire métamorphisé au contact du granite) et la base de la série schisto-calcaire de Corte.

a. Trois écailles. — A. Pilger (²) *croit pouvoir* considérer les trois termes de cette série comme trois écailles.

b. Deux écailles. — Cette opinion a été émise par L. Moret au cours de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France en Corse (³). A une première écaille composée de Verrucano (micaschistes chloriteux inférieurs) et de Lias (calcaires rubanés et cipolins) serait superposée une deuxième écaille en partie permienne (schistes verts de la Citadelle).

c. Une seule écaille. — On peut opposer aux hypothèses précédentes plusieurs faits de divers ordres.

Faits stratigraphiques. — Comme je l'ai déjà signalé, l'attribution à l'Éocène des cipolins de Corte est douteuse; ces derniers sont plus probablement liasiques.

De plus les cipolins sombres intercalés dans les schistes à actinote et épidote, considérés comme tithoniques par A. Pilger, sont en réalité bien différents des calcaires cristallins clairs que l'on attribue, en Corse, au Jurassique supérieur (exemple : calcaire de Caporalino). D'autre part le rattachement simultané des micaschistes chloriteux inférieurs et des schistes à actinote au Verrucano n'est guère justifié que par l'analogie de couleur et nullement par l'analyse pétrographique.

Faits tectoniques. — Entre les trois termes de la série de Corte n'existe nulle trace de brèches tectoniques. Là où les contacts entre ces termes sont nettement visibles, on n'observe aucun broyage ni mélange et ils se présentent comme des contacts stratigraphiques à peu près normaux (église Saint-Antoine). Que des glissements aient pu se produire dans la série, cela n'est pas douteux, mais non uniquement et de façon préférentielle entre deux termes de la série : ainsi des glissements *lit par lit* avec surfaces de friction sont observables dans les calcaires rubanés au Nord du Tavignano. Ce qui est frappant dans cette zone de Corte, ce sont le laminage et la compression extrêmes des couches plutôt que leur broyage ou leur bouleversement tectonique. Bien entendu ces remarques n'ont qu'une valeur de suggestion, car des contacts anormaux peuvent n'être pas accompagnés de brèches ni de broyage appréciable.

Fait pétrographique. — Puisque l'on n'a jamais signalé de fossiles *autochtones* dans cette région, puisque les attributions chronologiques basées sur les faciès sont fragiles et dissemblables d'un auteur à l'autre, il est logique de s'en

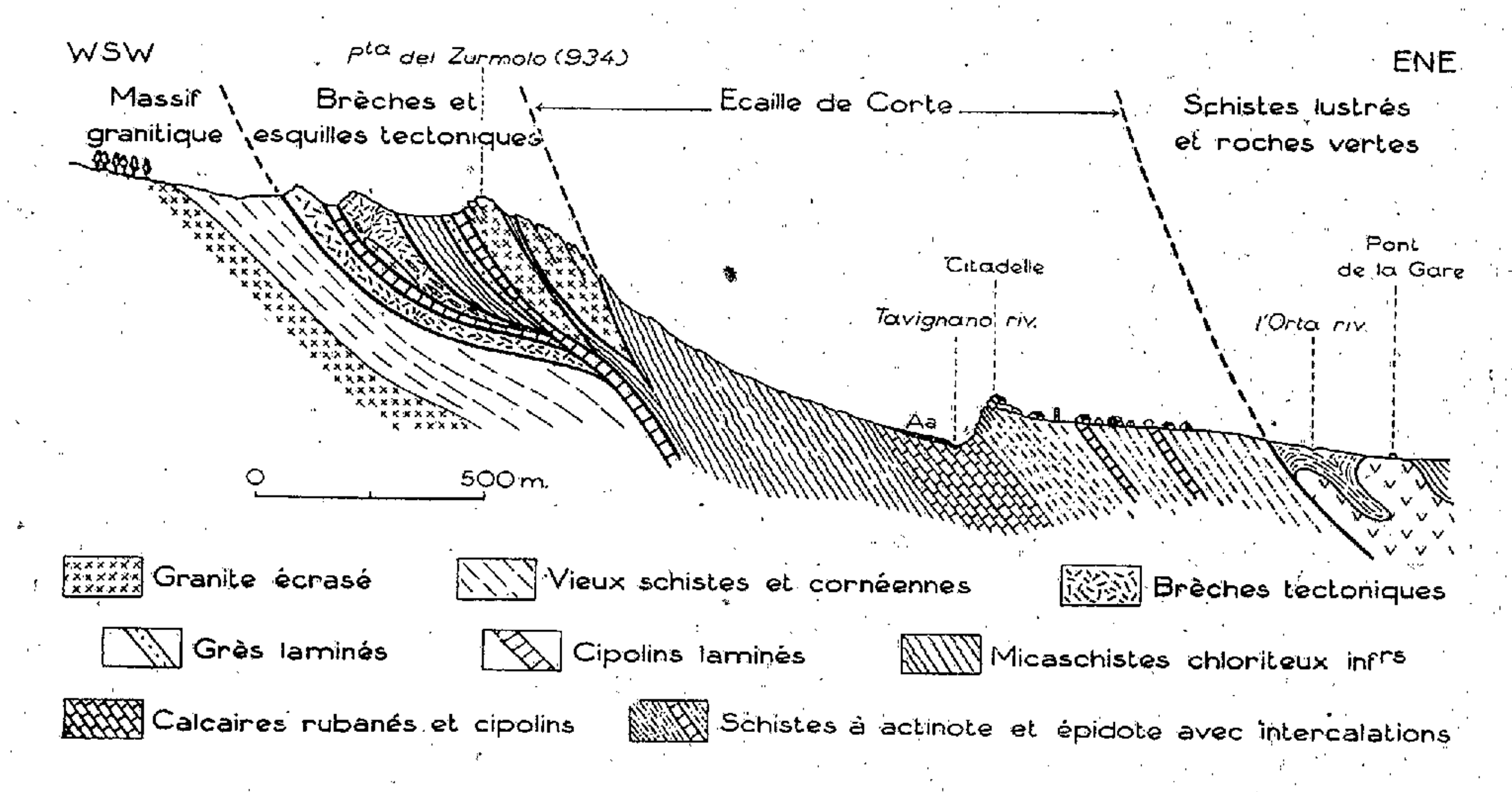
---

(²) *Der alpine Deckenbau Korsikas und seine Granit-Intrusion* (*Abh. Gesellsch. wissensch Göttingen.*, III, Folge, 19, Berlin, 1939, pp. 30-33.

(³) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5ᵉ série, 3, 1933, p. 752.

remettre à la pétrographie. Or, dans la Note précitée, j'ai montré que les trois termes de la série de Corte sont « également et peu métamorphiques et correspondent à l'épizone de Grubenmann ». Cette absence de renversement de l'échelle métamorphique me paraît un argument important.

Dans ces conditions nous croyons plus prudente l'interprétation suivante. *La série de Corte constitue un coin, une écaille simple de terrains peu métamor-*



phiques décollée de son substratum (formation de brèches schisteuses de friction) et plaquée contre le massif granitique occidental par la poussée des schistes lustrés. Au cours de ce mouvement se sont découpées, à la base de l'écaille et à la surface de son substratum, des esquilles de granite, de micaschistes chloriteux et de cipolins laminés : à ce point de vue le maximum de complexité est atteint à la Plata del Zurmolo (voir coupe).

Quelle est la signification tectonique de l'écaille de Corte ? Peut-elle prendre place dans les unités alpines classiques ? Dans l'état actuel des connaissances, toute tentative dans ce sens paraîtrait prématurée ; au surplus il est possible qu'aucune homologie acceptable ne puisse être établie entre l'écaille de Corte et l'une des parties de l'édifice alpin continental.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'obtention, par le croisement de deux espèces, d'une variété rapportée à une autre espèce, non intervenue dans l'hybridation.* Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Henri Colin.

J'ai réalisé en 1939 le croisement d'une variété dépourvue d'arête de *Bromus secalinus* L. avec *B. arduennensis* Dmrt., typiquement aristé, espèce assez différente de la première pour constituer un genre à part (*Michelaria*, *Libertia* etc.), et actuellement subéteinte (¹). Ce croisement est cependant entièrement

(¹) A. de Cugnac et A. Camus, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 83, 1936, p. 47.

fertile, aussi bien en F_1 qu'en F_2 ou F_3. Parmi les résultats obtenus en F_2 j'ai publié l'an dernier l'apparition d'un unique exemplaire de *B. arduennensis* sans arête terminale ([2]) dont la F_2 cultivée cette année se montre tout à fait constante, ce qui autorise à ranger cette nouvelle variété dans la nomenclature, sous le nom de *B. arduennensis* var. *inermis* n. var.

Mais il convient de se rappeler qu'au voisinage des deux espèces utilisées dans le croisement, mais bien distincte de l'une et de l'autre, il en existe une troisième, *B. grossus* Desf., dont on connaît deux formes à l'état spontané, la forme typique, velue, et la var. *nitidus*, glabre, l'une et l'autre aristées ([1]).

Or, en croisant *B. grossus* typique (velu) avec *B. arduennensis* (glabre), on obtient en F_2 les deux variétés couplées *B. g. nitidus* et *B. a. villosus*; cette dernière, étant éteinte depuis la fin du siècle dernier, s'est trouvée *ressuscitée* par ce croisement ([3]). Quant à l'origine phylogénétique de *B. g. nitidus*, cette expérience paraît l'établir sans conteste, en même temps que celle de *B. a. villosus*.

Aussi ne peut-on manquer d'être surpris de constater que, dans notre croisement *secalinus* × *arduennensis*, la F_1 et la majorité des individus F_2 présentent uniformément (à part les combinaisons mendéliennes relatives au caractère aristé qui admet plusieurs états intermédiaires), non pas les caractères des parents, mais ceux d'une forme pratiquement indiscernable de *grossus nitidus*, qu'on peut appeler provisoirement *pseudonitidus*, pour marquer à la fois cette ressemblance et l'absence de toute intervention de *grossus nitidus* dans le croisement. On pourra apprécier cette proximité par la mesure de la longueur des fleurs, caractère fort constant dans le groupe, 9-10^mm^ chez *pseudonitidus*, contre 6-7^mm^ pour *secalinus*, 11-12^mm^ pour *grossus nitidus*, 13-14^mm^ pour *arduennensis*. D'autres caractères encore soulignent cette étroite ressemblance ([2]). En F_1 l'arête est supprimée ou réduite (*pseudonitidus* submutique); en F_2 le lot dominant est constitué par *pseudonitidus*, aristé, submutique ou inerme (207 sur 220); le récessif le plus net est *arduennensis*, lui aussi aristé, submutique ou inerme (12 sur 220); quant à *secalinus*, il paraît aboli au profit de *pseudonitidus*, deux exemplaires seulement pouvant lui être rapportés avec doute (long. des fl. 8-8^mm^,5), l'un aristé, l'autre inerme (2 sur 220). Ces résultats sont d'autant plus remarquables que si l'on croise le même *secalinus* inerme avec *grossus nitidus*, on obtient comme ci-dessus en F_1 un *grossus nitidus* submutique, mais en F_2 le *secalinus* inerme reparaît (4 sur 13), parfaitement conforme au parent.

Au point de vue génétique, la disjonction ne paraît donc se produire régulièrement que pour *arduennensis*, tandis que *secalinus* reste masqué, même en F_2 par un facteur non sujet à la disjonction normale, qui provient d'*arduen-*

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 363.
([3]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 61.

nensis mais reproduit phénotypiquement les caractères de *grossus nitidus*, bien que celui-ci ne soit pas intervenu dans le croisement.

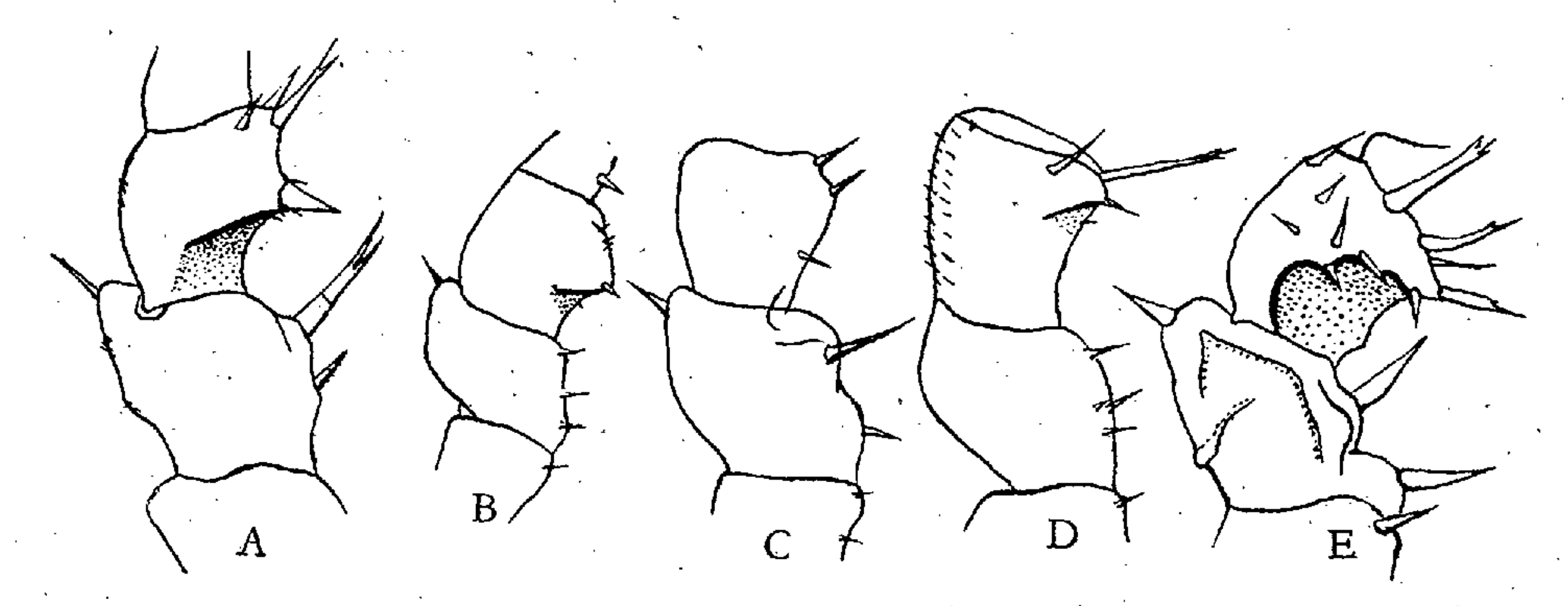
Mais d'autres problèmes surgissent, au point de vue systématique et phylogénétique. D'une part, en effet, si l'on assimile notre *pseudonitidus* à *grossus nitidus*, on se trouve en désaccord avec la conception classique de l'espèce, dont l'une des bases essentielles est le postulat d'une origine commune de tous ses membres. Or nous trouvons ici des échantillons que leurs caractères *actuels* ne permettent pas de discerner, bien que nous sachions que leur origine phylogénétique est différente : *pseudonitidus* = *secalinus* × *arduennensis* tandis que *grossus nitidus* = *grossus* × *arduennensis*. D'autre part, si l'on doit imposer des noms nouveaux à ces lignées discernables seulement par leur *pedigree*, on surchargera encore une nomenclature, déjà obérée par la multitude des races, morphologiques, physiologiques, caryologiques etc.

On se trouve ainsi conduit, par l'interprétation de ces résultats, à envisager une conception nouvelle des espèces, où chacune de celles-ci serait considérée, non comme une entité irréductible, entièrement distincte des espèces voisines, mais comme un ensemble de facteurs héréditaires, dont certains pourraient être communs à plusieurs espèces, et *simuler* l'intervention de l'une dans un croisement auquel l'autre a pris part réellement. Dans cette façon de voir, on admettrait l'existence chez *arduennensis* d'un facteur *nitidoide* présent aussi dans *grossus nitidus*, mais non chez *secalinus* et d'action dominante ; le croisement de *secalinus*, avec l'une ou l'autre des deux espèces précédentes imprimerait à la descendance le même caractère *nitidoïde*. Ces considérations nous entraîneraient à une notion *fonctionnelle* des espèces, comportant d'une part un patrimoine héréditaire commun, se retrouvant dans l'ensemble des descendances directes ou collatérales qui constituent les groupes affines (par exemple le patrimoine commun du groupe *secalinus-grossus-arduennensis*), et d'autre part des possibilités de modifications par additions, suppressions ou remaniements de quelques éléments de ce patrimoine, composant finalement le visage propre qui caractérise à nos yeux chacune de ces lignées (cf. les trois espèces ci-dessus et les variations issues de leurs croisements). Les croisements méthodiques nous renseigneraient ainsi par voie analytique sur la constitution du patrimoine héréditaire de chaque espèce et ses relations avec celui des espèces voisines : on définirait dès lors l'espèce par la connaissance de ce *patrimoine spécifique*, et non, comme dans la nomenclature linnéenne actuelle, par référence à un échantillon-type, qui n'est qu'un cas individuel arbitrairement détaché de l'ensemble affine. On voit par là l'importance et la diversité des contributions que peut apporter l'expérimentation génétique à la Systématique comme à la Phylogénie.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques coaptations sexuelles chez les mâles des* Haplophtalminæ (*Isopodes terrestres*). Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Charles Pérez.

Sous le nom de pince préhensile, Vandel (¹) a décrit une conformation spéciale des deux articles successifs, carpos et meros, du 7ᵉ péréiopode des ♂ d'*Haplophthalmus danicus* B. L. et des différentes espèces appartenant aux genres *Androniscus* Verh. et *Eluma* Vehr.. Vandel considère à juste titre que cette pince entre dans la catégorie des *coaptations* de Cuénot. Il s'agit en effet de deux parties différentes d'un même appendice, se développant indépendamment l'une de l'autre, et dont l'ensemble est disposé d'une façon telle que se trouve réalisé un organe préhensile, plus ou moins parfait selon l'espèce considérée. Cet organe doit servir au ♂ à se maintenir sur la ♀ pendant l'accouplement, d'où le nom de *coaptation sexuelle* (Cuénot).

L'étude des variations des caractères sexuels secondaires présentés par le 7ᵉ péréiopode des ♂, chez les sous-familles auxquelles appartiennent les trois formes citées précédemment, permet d'entrevoir l'origine et la genèse de ces coaptations. J'étudierai dans la présente Note la sous-famille des *Haplophthalminæ*, à laquelle appartient *Haplophthalmus danicus*.



Chez *H. danicus*, le carpos du 7ᵉ péréiopode des ♂ présente, dans la partie médiane de sa face sternale, un épais bourrelet coiffé d'une forte épine dirigée obliquement vers la base de l'article. Ce bourrelet surplombe une concavité creusée en gorgeret de la face sternale. La face correspondante du meros présente environ dans son tiers distal un gros tubercule surmonté d'une forte soie dirigée obliquement, en sens inverse de l'épine du carpos (*fig.* A).

Chez *H. Mengei* Zad. et *H. Mengei cottianus* Verh., le carpos est seul différencié sexuellement et présente un bourrelet situé beaucoup plus distalement que chez *H. danicus*. La saillie sternale du bourrelet est plantée de quelques

(¹) *Bull. Biol. France Belgique*, 3ᵉ série, 59, 1925, pp. 338-344.

soies dont une très longue mais non oblique. La face sternale a un profil légèrement concave (*fig.* D).

Chez *H. aternanus* Verh., le carpos est également seul différencié et présente un gros bourrelet distal surplombant une cavité creusée dans la face latérale de l'article.

A l'inverse des deux espèces précédentes, chez *H. delmontensis* Verh., l'angle distal du carpos est à peine plus marqué que chez la ♀ ; le méros, par contre, présente un tubercule analogue à celui de *H. danicus* (*fig.* C).

Chez *H. Perezi*, espèce que j'ai récemment décrite (²), le carpos présente un bourrelet distal semblable à celui de *H. Mengei*; par contre, comme chez *H. danicus*, la face sternale de cet article est fortement excavée. Le meros présente un gros tubercule occupant une position beaucoup plus proximale que chez *H. danicus* (*fig.* E).

L'étude des autres genres appartenant à la même sous-famille permet de retrouver, chez beaucoup d'entre eux, des caractères analogues. Chez *Cyphoniscellus styricus* Verh., le carpos présente un bourrelet distal semblable à celui de *H. Mengei*, mais planté d'une soie légèrement oblique et le meros un tubercule également distal surmonté d'une forte soie dirigée obliquement en sens inverse de celle du carpos. Chez *Cyphotendana ligurina* Verh., le meros est seul différencié sexuellement et présente un très gros bourrelet occupant une position médiane, comme chez *H. danicus*, mais sans épine oblique à son extrémité (*fig.* B).

En résumé, chez *H. danicus* le carpos en se rabattant forme pince avec le méros grâce à la proximité des deux différenciations antagonistes : bourrelet et tubercule munis de fortes soies dirigées l'une vers l'autre.

Chez *Cyphotendana ligurina* seule existe la partie distale de la pince d'ailleurs incomplète puisque sans épine oblique.

Chez *H. delmontensis* seule existe la partie proximale de la pince.

Chez *H. Mengei*, *H. Mengei cottianus*, *H. aternanus*, existent tous les éléments de la partie distale de la pince : bourrelet garni de soies et concavité plus ou moins accentuée de la face sternale du carpos. Mais le bourrelet est trop éloigné du meros pour servir d'antagoniste à un tubercule du meros, même s'il en existait un. Chez *H. Perezi* le bourrelet et le tubercule occupent bien une position symétrique par rapport à l'articulation carpos-meros, mais le rabattement du carpos n'est pas suffisant pour assurer le contact de ces deux différenciations.

Enfin, chez *Cyphoniscellus styricus* tous les éléments de la pince de *H. danicus* sont présents, mais les deux différenciations, bourrelet et tubercule, n'occupent pas une position symétrique par rapport à l'articulation carpos-meros.

On connaît actuellement une trentaine d'espèces environ appartenant à cette

---

(²) *Bull. Soc. Zool. France* (sous presse).

sous-famille. Chez la plupart d'entre elles le 7e péréiopode des ♂ présente des caractères sexuels secondaires dont l'étude précédente a montré la grande diversité. Dans un seul cas, chez l'espèce *H. danicus*, la disposition des différenciations réalise un organe préhensile.

Cet ensemble de faits montre bien que la réalisation de cette coaptation sexuelle est due au hasard de la rencontre, *à proximité l'une de l'autre* sur le 7e péréiopode d'*un même individu*, de différenciations qui se manifestent indépendamment chez de nombreuses espèces voisines.

La famille des *Trichoniscidæ*, comme d'ailleurs le sous-ordre entier des Oniscoïdes, est d'origine récente, tertiaire. La grande diversité de ces caractères sexuels secondaires, comme le pense Vandel ([1]), témoigne sans doute de leur évolution actuelle.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1942.

Les Glaucophanites de la Nouvelle-Calédonie et les roches qui les accompagnent. Leur composition et leur genèse, par ALFRED LACROIX. Extrait des *Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France,* t. 65, 1941. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 vol. 28cm.

Soixantenaire de l'Association des Chimistes et Ingénieurs de Sucrerie, de Distillerie et des Industries agricoles de France et des Colonies, juillet 1942. *Pasteur et Renan. Les sciences et les lettres,* par DAVID SIDERSKY. Paris, 1942; 1 fasc. 24cm.

L'Embryologie, par MAURICE CAULLERY. Paris, Presses universitaires de France, 1942; 1 vol. 17cm,5.

Gouvernement général de Madagascar et dépendances. Études démographiques. *Modalités et conséquences des migrations intérieures récentes des populations malgaches,* par RAYMOND DECARY et RÉMY CASTEL. Tananarive, Imprimerie officielle, 1941; 1 vol. 28cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 AOUT 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès, survenu le 15 juillet 1942, à Genève, de **CHARLES EUGÈNE GUYE**, Correspondant pour la Section de Physique générale.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, M. **LOUIS DE BROGLIE** est élu membre de la Commission du *prix Volney* en remplacement de M. *É. Picard* décédé.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE. — *Système simple d'équations analogue à une équation de relaxation unique.* Note de M. **HIPPOLYTE PARODI**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous savons que les phénomènes représentés par une équation de relaxation sont caractérisés, au point de vue dynamique, par une absorption d'énergie pendant une partie du parcours et par une restitution durant le reste du parcours. Le cas le plus simple que l'on puisse imaginer est celui correspondant à la production d'un effort moteur constant γ de $-s_0$ à $+s_0$ et d'un effort de freinage f, également constant pendant le reste du parcours; ce parcours étant effectué sur une ligne de faible déclivité à profil parabolique. Le mouvement sera représenté, non plus par une équation différentielle unique, mais par un système de six équations différentielles, chacune d'elles étant valable pour un domaine déterminé de variation de l'espace, les s étant comptés positi-

vement dans le parcours aller et négativement dans le parcours retour :

(1) $-\infty < s < -s_0$, $\dfrac{d^2s}{dt^2}+f+s=0$, $v\dfrac{dv}{ds}+f+s=0$;

(2) $-s_0 < s < s_0$, $\dfrac{d^2s}{dt^2}-\gamma+s=0$, $v\dfrac{dv}{ds}-\gamma+s=0$;

(3) $+s_0 < s < +\infty$, $\dfrac{d^2s}{dt^2}+f+s=0$, $v\dfrac{dv}{ds}+f+s=0$;

(4) $+\infty > s > +s_0$, $\dfrac{d^2s}{dt^2}+f-s=0$, $v\dfrac{dv}{ds}-f+s=0$;

(5) $+s_0 > s > -s_0$, $\dfrac{d^2s}{dt^2}-\gamma-s=0$, $v\dfrac{dv}{ds}+\gamma+s=0$;

(6) $-s_0 > s > -\infty$, $\dfrac{d^2s}{dt^2}+f-s=0$, $v\dfrac{dv}{ds}-f+s=0$.

C'est uniquement parce que nous avons permuté les signes de γ et f suivant les domaines de variation de s que le sens de circulation de l'énergie indiqué dans notre énoncé est réalisé.

Les équations précédentes sont intégrables et l'on peut écrire

(1') $v^2+s^2+2fs=C_1$, (4') $v^2+s^2-2fs=C_4$,
(2') $v^2+s^2+2\gamma s=C_2$, (5') $v^2+s^2+2\gamma s=C_5$,
(3') $v^2+s^2+2fs=C_3$, (6') $v^2+s^2-2fs=C_6$,

$C_1, C_2, \ldots, C_6$ étant des constantes.

Nous allons montrer l'analogie que présente ce problème de traction avec les oscillations de relaxation. Nous nous donnons les conditions initiales suivantes : à l'instant zéro, le mobile se trouve au point $M_0(-s_0)$ animé d'une vitesse v_0 et commence à recevoir de l'énergie.

A. *Mouvement de* $-s_0$ *à* $+s_0$. — Le mobile se déplace de M_0 à $M_1(+s_0)$; pendant cette partie du trajet, d'après (2'), le point représentatif de la vitesse dans le diagramme (v, s) décrit un arc de cercle de centre $(s=+\gamma, v=0)$; au point M_1 la vitesse est telle que $v_1^2=v_0^2+4\gamma s_0$.

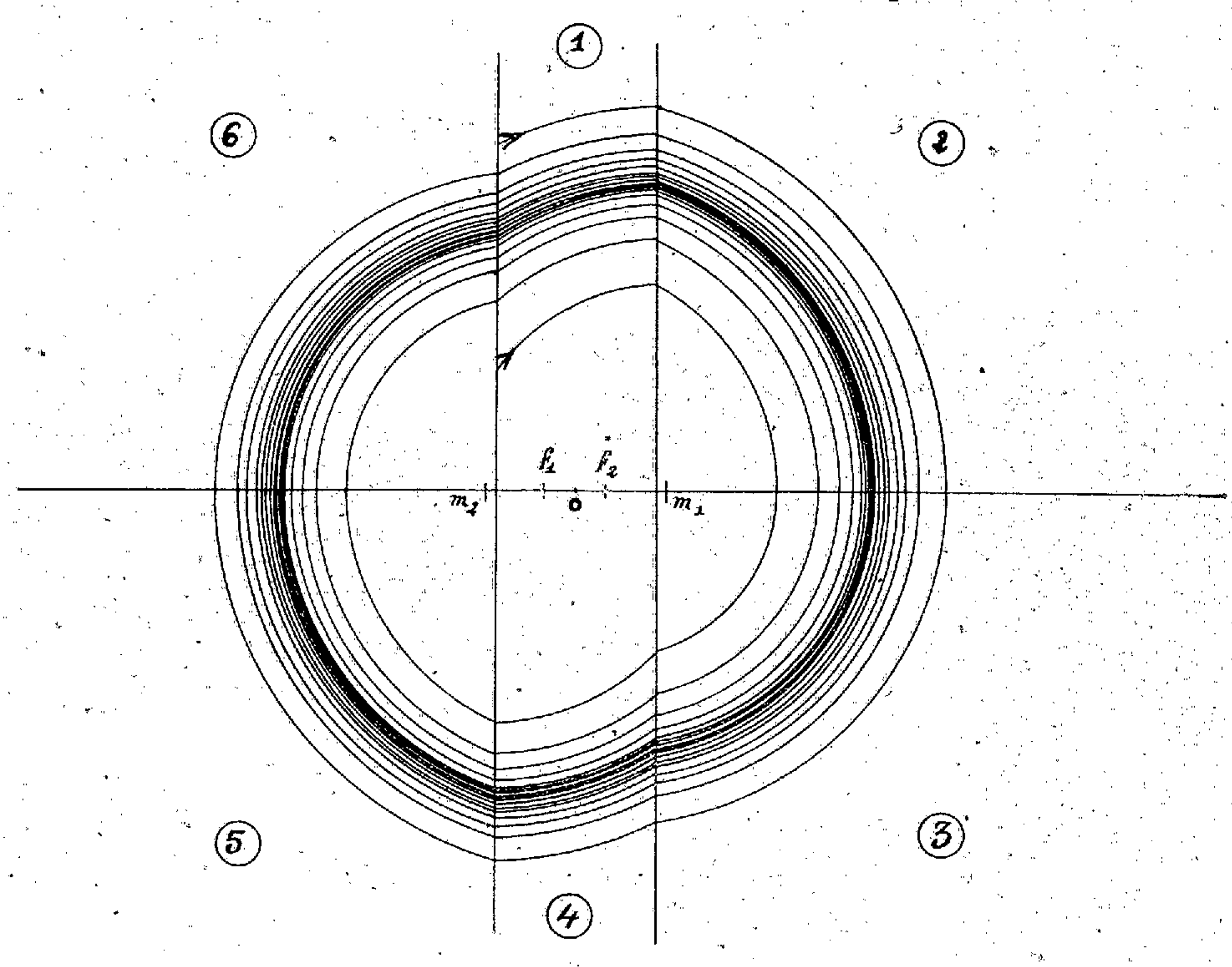
B. *Mouvement de* $+s_0$ *à* s_2 *correspondant au point* M_2 *où le mobile s'arrête.* — Pendant cette partie du trajet, conformément à (3'), le point (v, s) se déplace sur un arc de cercle de centre $(s=-f, v=0)$; l'espace s_2 relatif à M_2 est défini par l'équation $s_2^2+2fs=v_1^2+s_0^2+2fs_0$.

C. *Mouvement de* $+s_2$ à s_0. — Le mouvement sera le même que de s_0 à s_2, sous cette réserve que le sens de s étant changé, le centre de l'arc de cercle décrit par le point représentatif de la vitesse sera $(s=+f, v=0)$.

Le mouvement de va-et-vient du mobile sur la ligne parabolique sera donc représenté, pour chaque cycle, par un diagramme (v, s) formé par six arcs de cercles décrits dans chacune des six zones 1, 2, 3, 4, 5 et 6, en prenant comme centre pour la zone :

1. $m_1(s=+\gamma, v=0)$, 4. $m_2(s=-\gamma, v=0)$,
2. $f_1(s=-f, v=0)$, 5. $f_2(s=+f, v=0)$,
3. $f_2(s=+f, v=0)$, 6. $f_1(s=-f, v=0)$.

La figure montre que ces arcs de courbe successifs forment une spirale s'enroulant de l'intérieur vers l'extérieur si la vitesse initiale est faible, de l'extérieur vers l'intérieur si elle est forte. Ces deux spirales tendent vers un



cycle-limite. Il apparaît donc qu'au bout d'un certain temps, pour une vitesse initiale quelconque, le mouvement tend vers un régime périodique et que, pour une vitesse initiale bien déterminée, ce régime est atteint immédiatement.

La valeur de la vitesse initiale correspondant à la description immédiate du cycle-limite est donnée par la relation

$$v_0^2 = s_0^2\left[\frac{\gamma^2}{f^2} + 2\frac{\gamma}{f}\right] - 2\gamma s_0.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le chauffage de cylindres de faible épaisseur par courants induits de haute fréquence.* Note de M. **Gustave de Montaud**, transmise par M. Aimé Cotton.

Un cylindre de faible épaisseur, d'une substance conductrice quelconque, introduit à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par un courant de haute fréquence, recueille une quantité d'énergie (1)

$$W_e = n^2 I_{\text{eff}}^2 \frac{r l^2 \omega^2}{r^2 + l^2 \omega^2}.$$

(1) Pour la théorie et les notations, voir G. Ribaud, *Journal de Physique*, 3, 1932, p. 537.

Cette énergie est maximum pour $r = l\omega$, c'est-à-dire pour une épaisseur donnée par

$$e_0 = \frac{l}{\pi\, d\omega} = \frac{2\,\varepsilon^2}{d}$$

(ρ, résistivité; d, diamètre; ε, épaisseur de la couche de peau).

Dans le cas d'un cylindre plein de la même substance et de même hauteur h, l'énergie recueillie par seconde est

$$W_\infty = n^2 I_{\text{eff}}^2 \frac{\pi d}{h}\sqrt{2\pi\rho\omega}.$$

Si l'on compare W_∞ et l'énergie W_0 recueillie dans le cas de l'épaisseur optimum, on a

$$\frac{W_0}{W_\infty} = \frac{\varepsilon}{2e_0} = \frac{d}{4\varepsilon}.$$

Si e_0 a été déterminée expérimentalement et si l'on se trouve dans les conditions du calcul, qui supposent e faible et d grand par rapport à ε, on peut tracer la courbe des rapports W_e/W_0 en fonction du rapport e/e_0 des épaisseurs. On peut en effet écrire

$$W_0 = n^2 I_{eff}^2 \frac{\pi\, d\rho}{2he_0}, \qquad W_e = n^2 I_{eff}^2 \frac{\pi\, d\rho}{he\left[1 + \left(\frac{e_0}{e}\right)^2\right]},$$

d'où

$$(a) \qquad \frac{W_e}{W_0} = \frac{2\frac{e_0}{e}}{1 + \left(\frac{e_0}{e}\right)^2}.$$

Pour e/e_0 égal à 0,5; 1; 2; 4; 10, on a, respectivement, W_e/W_0 égal à 0,8; 1; 0,8; 0,47 et 0,2.

Pour contrôler les résultats de la théorie, des expériences ont été réalisées, par la méthode calorimétrique, avec des cylindres en plomb de hauteur de 4^{cm} et de diamètre 2^{cm}.

Le solénoïde faisait partie d'une installation à oscillations entretenues ayant les caractéristiques suivantes : tension continue anodique, 9600 V; puissance de sortie de la lampe oscillatrice, 3 kW; amplitude de la tension anodique haute fréquence, 8500 V; intensité efficace dans le solénoïde, 50 A; fréquence, 101 500 p:s.

Avec cette fréquence, et pour le plomb, ε est de l'ordre de 8.10^{-2} cm. D'autre part $d/\varepsilon = 25$; $e_0/\varepsilon = 2\varepsilon/d = 8.10^{-2}$; on se trouve donc bien dans les conditions du calcul.

Pour des cylindres d'épaisseurs de l'ordre de 6, 7, 10, 50, 100, 500.10^{-3} cm et pour un cylindre plein, nous avons obtenu des résistances apparentes $W_e/n^2 I_{\text{eff}}^2$ égales à 1176, 1235, 1358, 422, 263, 248 et 233.10^{-6} ohm.

Pour l'interprétation de ces résultats, il faut tenir compte de ce que la résistivité exacte du plomb de nos cylindres nous est inconnue et de ce que les épaisseurs les plus petites ne sont qu'approchées. Les mesures donnent cependant une base de départ importante, le rapport des énergies maximum et minimum, soit

$$\frac{W_0}{W_\infty} = \frac{1358}{233} = 5,83.$$

On en déduit

$$\varepsilon = \frac{d}{4\frac{W_0}{W_\infty}} = \frac{2}{4 \times 5,83} = 855.10^{-4}\,\text{cm},$$

ce qui permet d'obtenir l'épaisseur optimum correspondant à la fréquence utilisée

$$e_0 = \frac{2\varepsilon^2}{d} = \frac{2 \times 855^2.10^{-8}}{2} \doteq 73.10^{-4}\,\text{cm}.$$

Dès lors, si l'on trace d'une part la courbe théorique qui représente W_e/W_0 en fonction de e/e_0 [équation (a)], et d'autre part la courbe expérimentale déduite des résistances mesurées plus haut, on voit que les deux courbes ont très exactement même allure et que les faibles écarts entre elles correspondent bien à l'imprécision dans la mesure des épaisseurs des cylindres. Au total la théorie se trouve donc entièrement confirmée par l'expérience.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la structure des lames minces de nickel obtenues par projection cathodique.* Note de MM. **Antoine Colombani** et **Jean Wyart**, transmise par M. Paul Langevin.

Les lames de nickel obtenues par projection cathodique dans l'hydrogène très pur ont des propriétés physiques, en particulier, des conductibilités électriques qui varient considérablement suivant leur épaisseur, avec le traitement thermique qu'elles ont subi (1). Ces variations sont liées à des différences de structures que peuvent, dans certains cas, révéler les rayons X.

Lames non recuites. — Un faisceau linéaire de rayons X, frappant les lames, dont l'épaisseur est environ 1000 Å, donne un anneau de diffraction de faible intensité, correspondant à un intervalle de 2,08 Å (±0,04) (calculé à partir de la formule de Bragg).

Cette diffraction est due à des groupements d'atomes, intervenant dans chaque groupe en petit nombre, car l'anneau diffusé est large, et réalisant dans l'espace toutes les orientations statistiques sans être influencée par le support, car l'anneau a une intensité homogène. On peut imaginer, pour interpréter la

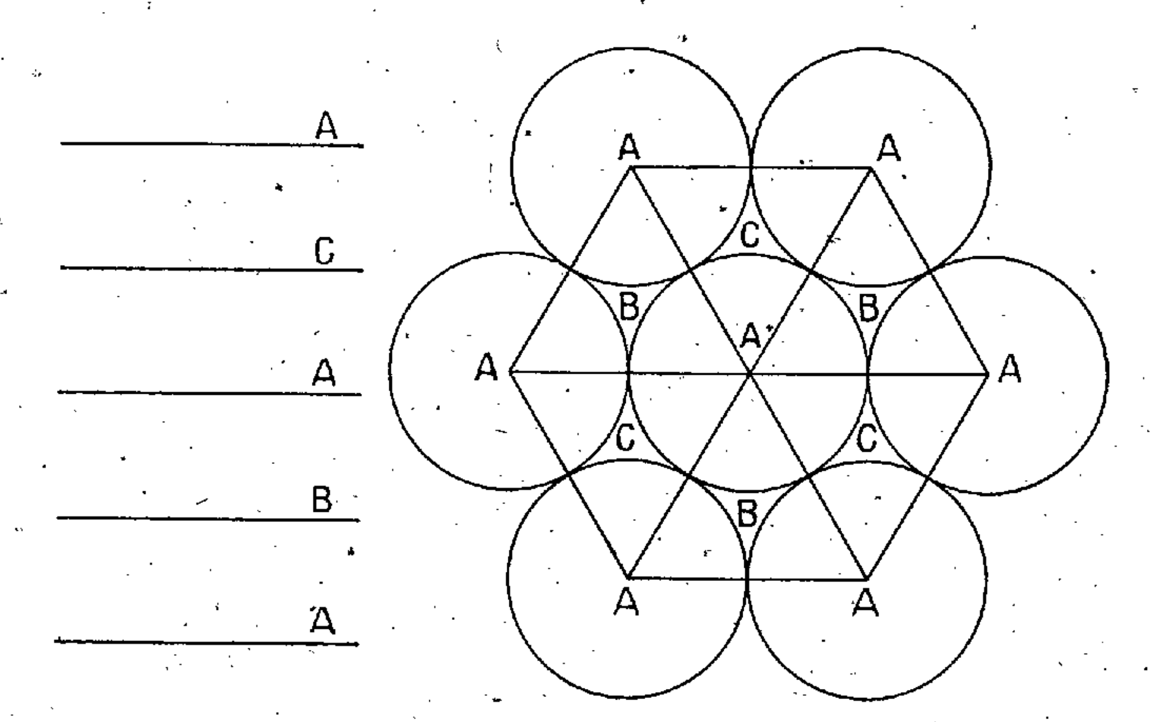
(1) A. Colombani, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 795; 214, 1942, p. 794; 215, 1942, p. 17.

diffraction à 2,08 Å, ces groupements d'atomes constitués de la façon suivante :

Les atomes de nickel, de diamètre 2,49 Å, forment des strates planes qui sont chacune un assemblage hexagonal d'atomes au contact, leur centre de gravité étant aux points A. Des strates identiques s'empilent de telle sorte que leurs atomes reposent sur les vides B ou C de la première, l'ensemble réalisant un édifice compact. La succession des strates A, B, C, séparées par l'intervalle 2,08 Å, se fait d'une manière désordonnée.

Pour les lames plus épaisses de l'ordre de 10000 Å, les rayons X donnent encore un seul anneau de diffraction, mais plus intense et mieux défini, d'intervalle 2,05 Å (± 02), révélant ainsi une même structure atomique, où interviennent un nombre de strates plus considérable.

Lames recuites : — Les lames qui ont subi, pendant 5 mois, un recuit sous le vide à 410°, se comportent différemment. Quelles que soient leurs épaisseurs, elles donnent des anneaux de diffusion homogène. Les cristallites ne s'orientent



en aucune manière sur leur support. Les préparations, de faible épaisseur, de l'ordre de 400 Å, donnent sur les clichés de rayons X, un voile général. Ce qui révèle un arrangement atomique totalement désordonné, caractéristique de l'état amorphe. Les lames de 1000 Å donnent maintenant une raie de diffraction bien définie, correspondant à un intervalle réticulaire de 2,04 Å (± 0,02). Le recuit a eu pour effet d'accroître la dimension des groupements d'atomes, constitués par des strates A, B, C, se succédant sans ordre. En même temps, s'est accrue la résistivité électrique qui est passée de 102.10^9 ohms/cm à 380.10^9 ohms/cm. Pour les lames d'épaisseur inférieure à 2200 Å, le recuit augmente la résistance électrique, sans doute parce que les intervalles entre les groupements d'atomes s'accroissent.

Quand l'épaisseur de la lame atteint 2200 Å, les propriétés électriques sont profondément modifiées. Le caractère de la conductibilité métallique apparaît. Le coefficient de température de la résistance qui était négatif au-dessous de

2200 Å devient nul pour cette épaisseur et croît positivement pour les valeurs supérieures jusqu'à atteindre celui qui correspond au nickel usuel. Corrélativement, le diagramme de rayons X subit pour cette épaisseur de 2200 Å une modification profonde. Avec la raie intense correspondant à l'intervalle réticulaire de 2,01 Å, apparaît une raie de plus faible intensité révélant l'équidistance de 2,16 Å. Le désordre, qui se manifestait pour les lames plus minces dans la succession des strates A, B, C, a fait place à un arrangement ordonné AB.AB.AB, caractéristique d'un réseau hexagonal dont les constantes sont $a = 2,50$ Å, $c = 4,02$ Å, les deux raies ayant pour notation 1010 et 0002. Le rapport $c/a = 1,61$ est, aux erreurs de mesures près, égal à 1,63, qui caractérise l'assemblage hexagonal de sphères. Les atomes s'assemblent en cristaux; et la forme cristalline qui apparaît la première a une symétrie hexagonale, différente de la forme cubique à faces centrées qui est celle du nickel ordinaire.

Dès que les lames atteignent l'épaisseur de 4600 Å, la raie 1010 à 2,16 Å disparaît et, avec la raie intense à 2,04 Å, est visible, très élargie, la raie d'intervalle 1,74 Å, qui est la raie 200 du réseau de cube à faces centrées d'arête $a = 3,52$ Å du nickel usuel.

La succession des strates, qui se faisait dans l'ordre AB, AB, AB, ... à symétrie hexagonale, est remplacée par un arrangement plus symétrique, cubique, caractérisé par la succession ABC, ABC, ABC.

A mesure que l'épaisseur croît, cet arrangement se perfectionne et, à 14000 Å, on retrouve, dans le diagramme de rayons X, toutes les raies du nickel.

Les propriétés électriques sont celles du nickel usuel, et la conductibilité qui de 2200 Å à 4600 Å était fonction des deux variables : épaisseur et température, devient, au-dessus de 4600 Å, fonction seulement de la température.

SPECTROSCOPIE. — *Analyse des spectres de vibration de sels métalliques (acides alcools et acides aminés).* Note de MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**.

Nous avons obtenu, dans la région de 550 à 1650 cm^{-1}, les spectres d'absorption d'une vingtaine de glycolates, glycocollates, lactates, alaninates, ainsi que ceux des acides correspondants.

I. Comme pour les sels métalliques des mono ou des diacides, le groupement carboxyle possède une structure angulaire symétrique, et les fréquences de ses vibrations internes ainsi que celles des vibrations d'ensemble du groupement dans la molécule sont, ici encore, très comparables à celles des nitrocorps correspondants. Comme des maxima d'absorption fort analogues existent également dans les spectres du *glycocolle* et de l'*alanine*, à l'état de poudre, ces dernières substances, en accord avec Sannié et Poremski, doivent être considérées comme un sel d'hydrogénium. Pour les acides aminés, d'ailleurs, l'ensemble du spectre se présente comme très voisin de celui de

leurs sels. Pour les *acides glycolique et lactique*, une partie, variable avec les conditions expérimentales, peut être également dans le même état.

II. *On peut, en première approximation, assimiler les groupements* CH^2 *ou* CH^3, NH^2 *et* OH *à des masses uniques, et l'expérience montre qu'ils se présentent ainsi comme spectroscopiquement équivalents.*

Nous choisirons dès lors, pour les glycolates, le glycocolle et les glycocollates, un modèle à cinq masses vibrantes $X-(CH^2)-C\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow O\end{smallmatrix}$ ($X=OH$ ou NH^2),

Fig. 1.

qui possède ainsi neuf modes fondamentaux de vibration (*fig.* 1), tous actifs dans la diffusion et dans l'absorption. En comparant les spectres obtenus à celui du nitroéthane (J.-P. Mathieu et D. Massignon) et des propionates (Cl. Duval, J. Lecomte et Mme F. Douvillé), on détermine des ordres de grandeur suivants :

ω'_5.	ω'_6.	ω_2.	ω_6.	ω_5.	ω_3.	ω'_2.	ω_1.	ω_4.
300	500	580-600	670-680(?)	700-730	870-930	1020-1040	1350-1400	1490-1590 cm^{-1}

Avec un modèle moins simplifié, pour *les glycolates*, on doit ajouter : *a.* trois vibrations internes du groupement CH^2 (deux vers 3000, une vers 1450 cm^{-1}) et trois vibrations de groupe de ce même radical (deux gauches entre 1140 et 1300, et une plane vers 1110-1120 cm^{-1}); *b.* trois vibrations du groupement OH (une de valence vers 3300, une de déformation plane, probablement vers 1350 cm^{-1}, et une de déformation gauche, non identifiée). En passant aux *glycocollates*, à la place des trois vibrations de OH, nous trouvons : trois vibrations propres au groupement NH^2 (deux de valence vers 3300, et une de déformation vers 1500 cm^{-1}) ainsi que trois vibrations de groupe (deux gauches et une plane, dont deux vers 527 et 695 cm^{-1}).

Avec *les lactates*, *l'alanine*, *les alaninates*, nous considérerons d'abord un modèle à six masses vibrantes $\begin{smallmatrix}(CH^3)\\ X\end{smallmatrix}>CH-C\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow O\end{smallmatrix}$ ($X=CH^3$, OH ou NH^2),

dont les modes de vibration sont indiqués dans la figure 2 : ν_1 et ν_2 représentent,

Fig. 2.

avec les oxalates, des vibrations de valence COO, et, avec les autres substances, des vibrations de valence C—C, ce qui diminue naturellement leur fréquence.

	Lactates.	Alanine.	Nitro-isopropane.	Isobutyrates.	Oxalates.
ν_9 (cm^{-1})..	?	?	277	—	370
ν_{10}........	555–580	583	558 (?)	—	525–575
ν_3........	755–780	770	?	750–760	750–800
ν_4........	840–850	842	849	836–840	v. 900
ν_8........	?	?	522	525–540	v. 450
ν_2........	1020–1030	998	1042	900–1000	v. 1480
ν_1........	900–925	910	919	900–920	1510–1600
ν_5........	1350–1400	1361	1398	1410	1500–1600
ν_6........	1480–1550	1597	1552	à 1500	v. 1640
ν_{11}........	680 (?)	?	631 (?)	?	660
ν_{12}........	?	421	336	—	v. 320
ν_7........	?	486 ou 505	460 (?)	—	interdit

En égard aux vibrations internes ou externes de CH^3 et de NH^2, on peut attribuer des fréquences aux modes de vibration prévus :

	γ (CH^3).			δ (CH^3).		ν_5.	δ(CH^2).	δ(NH^2).	ν_6.
Nitro-isoprop. Ra (cm^{-1}).	1100	1140	1278	1305	1355	1398	1450		1552
Lactates..............	1080	1234–1257		1350 à 1400					1480–1550
Alanine Ra et IR.......	1098	1180	1236	1309	1361	1412	1453	1514	1597

SPECTROSCOPIE. — *Extension du système de bandes de Lyman-Birge-Hopfield de la molécule d'azote.* Note [1] de Mme **Renée Herman** et M. **Louis Herman**, transmise par M. Charles Fabry.

Les bandes les plus intenses de ce système ont été observées en émission et en absorption dans l'ultraviolet extrême. Mesurées d'abord par Lyman, elles

(1) Séance du 15 juillet 1942.

ont été étendues et classées par Birge et Hopfield [2] qui ont proposé, pour représenter les têtes des bandes observées, la formule

$$(1)\quad \nu = 68962,7 + (1678,959\,v' - 13,3181\,v'^2 - 0,035353\,v'^3) - (2345,16\,v'' - 14,445\,v''^2).$$

Les niveaux de vibration observés vont de $v' = 0$ à $v' = 9$ pour le niveau supérieur et de $v'' = 0$ à $v'' = 13$ pour le niveau inférieur. Appleyard a mesuré quelques autres bandes jusqu'à 2162 Å (7, 16). Ce système se prolonge vers les grandes longueurs d'onde le long de la branche droite de la parabole de Frank-Condon. L'existence de ces bandes a été signalée par Kaplan et Levanas [3], mais elles n'ont pu être mesurées par suite de leur faible intensité.

Ayant réussi à exciter ce système avec une intensité relativement grande dans l'azote pur, sous une pression d'une dizaine de millimètres de mercure, nous les avons photographiées à l'aide d'un spectrographe à optique de quartz (ouverture $f/25$; largeur de fente 3/100 de millimètre) ayant une dispersion linéaire de 8 Å par millimètre environ vers 2500 Å.

Les longueurs d'onde des têtes des bandes les plus intenses sont inscrites dans le tableau suivant :

2271,75 Å	2290,54	2309,43	2328,47	2387,59	2406,4	2425,24
(8, 18)	(9, 19)	(10, 20)	(11, 21)	(9, 20)	(10, 21)	(11, 22)

Les quanta de vibration sont indiqués au-dessous de chaque bande.

Les nombres d'onde correspondants s'écartent systématiquement de la formule (1). On peut chercher à raccorder ces mesures à celles de Birge et Hopfield en ajoutant des termes correctifs à la formule (1). On obtient alors la relation

$$\nu = 68962,7 + (1678,959\,v' - 13,3181\,v'^2 - 0,035353\,v'^3 - 0,002298\,v'^4 + 0,0002094\,v'^5)$$
$$- (2345,16\,v'' - 14,445\,v''^2 + 0,0064958\,v''^3 - 0,000509\,v''^4),$$

qui représente bien l'ensemble de nos bandes. Toutefois il serait désirable de redéterminer les constantes de la formule de Birge et Hopfield. Malheureusement leurs mesures manquent de précision pour de nombreuses bandes.

Ce système pouvant jouer un rôle dans l'émission de la haute atmosphère, il était intéressant d'examiner l'effet de la température sur ces bandes. Dans ce but, nous avons plongé le tube à décharge dans un vase de Dewar rempli d'azote liquide. Afin d'éviter l'échauffement, la densité du courant de décharge était maintenue très faible à l'aide d'une résistance dans le circuit secondaire du transformateur. Les raies de rotation à quanta élevés disparaissent à basse température, comme il fallait s'y attendre. Les longueurs d'onde des têtes des bandes restent les mêmes, à la précision des mesures près.

---

(2) *Astrophysical Journal*, **68**, 1928, pp. 257-278.

(3) *Physical Review*, **46**, 1934, p. 331.

RAYONS X. — *Spectres* L *et niveaux caractéristiques du plomb.* Note de M[lle] YVETTE CAUCHOIS.

Poursuivant l'analyse systématique des spectres L des atomes lourds afin d'atteindre à un ensemble de données cohérentes et précises sur leurs énergies caractéristiques, j'ai été amenée à entreprendre une révision du spectre L du plomb (82).

La technique expérimentale, établie dans notre laboratoire, est désormais classique. Le spectrographe utilise ici un mica courbé sous 40^{cm}. J'ai employé une anthicathode à pastille de plomb et un écran absorbant de plomb *pulvérulent* étalé en couche de quelques milligrammes par centimètre carré. Une nouvelle mesure des discontinuités de cet élément s'imposait, puisque les écarts avec les valeurs précédemment admises dépassent 1,3 u. x. La forme de L_{III} (qui, non plus que L_{II}, ne montre pas de raie fine d'absorption) rend son pointage difficile; j'ai cru observer des divergences systématiques entre ses lectures sur clichés originaux et sur leurs enregistrements microphotométriques (¹), et j'ai finalement dû ne conserver que ces dernières dans les moyennes.

Les données antérieures sur le spectre d'émission étaient, dans l'ensemble, beaucoup moins aberrantes que celles relatives à l'absorption. Cependant le groupe des trois raies β_2 β_4 β_{15} qui, au plomb, se rapprochent en un triplet serré, était jusqu'ici considéré comme une raie de longueur d'onde globale 980,83 u. x.; je l'ai résolu, en premier ordre sous 12 u. x./mm et mieux encore en deuxième ordre, en ses trois composantes : β_2 980,24 u. x., β_4 980,93 u. x. et β_{15} 981,91 u. x. La séparation $\beta_2\beta_4$ est relativement facile avec nos appareils; la séparation de β_{15} est gênée par l'étalement de β_4 qui doit être fortement exposée pour que β_{15} apparaisse, étant donnée la différence des intensités relatives de ces deux raies.

A l'aide des données numériques des tableaux I et II, j'ai calculé, suivant l'artifice connu, les niveaux caractéristiques rapportés dans le tableau III. Les niveaux O_I et $N_{VI,VII}$, qui sont confondus au bismuth (²), sont ici encore très proches; je crois préférable d'approfondir l'étude des émissions correspondantes, parallèlement à celle des raies faibles; l'exposé de ces questions dépasse le cadre de la présente Note.

(¹) Les enregistrements ont été faits avec un microphotomètre de M. Challonge.

(²) *Cahiers de Physique*, 7, 1942, pp. 1-13; 8, 1942, pp. 25-31.

TABLEAU I.

Émission.	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$.	Émission.	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$.
L_I $M_{II}\beta_4$.....	$1005,3_8$	906,39	L_{II} $N_I\gamma_5$.....	864,82	1053,71
$M_{III}\beta_3$.....	$967,1_0$	942,27	$N_{IV}\gamma_1$.....	838,02	1087,41
$M_{IV}\beta_{10}$....	$931,9_5$	977,81	$O_{IV}\gamma_6$.....	815,21	1117,83
$M_V\beta_9$.....	$924,9_0$	985,26	L_{III} $M_I\,l$......	$1347,1_1$	676,46
$N_{II}\gamma_2$.....	$819,6_1$	1111,83	$M_{IV}\alpha_2$.....	1184,05	769,62
$N_{III}\gamma_3$.....	$813,2_0$	1120,60	$M_V\alpha_1$.....	1172,67	777,09
$O_{II}\gamma'_4$.....	$785,5_1$	1160,10	$N_I\beta_6$.....	$1018,9_1$	894,36
$O_{III}\gamma_4$.....	$784,3_0$	1161,89	$N_{IV}\beta_{15}$....	$981,9_1$	928,06
L_{II} $M_I\eta$.....	$1090,2_5$	835,83	$N_V\beta_2$.....	$980,2_4$	929,64
$M_{IV}\beta_1$.....	980,99	928,93	$O_{IV,V}\beta_5$...	$950,6_0$	958,62

TABLEAU II.

Absorption.	λ u.x. Mesures antérieures, d'après Siegbahn.	λ u.x.	$\frac{\nu}{R}$.
L_I........	780,6; 781,0; 780,5; **781,2**	**$779,9_4$**	$1168,3_8$
L_{II}.......	812,8; 812,9; 813,6; **814,3**	**$813,4_4$**	$1120,2_7$
L_{III}.......	948,5; 948,9; 950,0; **949,2**	**$948,3_7$**	$960,8_8$

TABLEAU III.

Niveau..	K	L_I	L_{II}	L_{III}	M_I	M_{II}	M_{III}	M_{IV}	M_V
ν/R.....	$6482,_6$	$1169,0_6$	$1120,2_3$	**$960,8_8$**	$284,4_1$	$262,7_3$	$226,7_9$	$191,2_7$	$183,7_9$

Niveau..	N_I.	N_{II}.	N_{III}.	N_{IV}.	N_V.	O_{II}.	O_{III}.	$O_{IV,V}$.
ν/R.....	$66,5_2$	$57,2_3$	$48,4_6$	$32,8_2$	$31,2_4$	$8,9_6$	$7,1_7$	$2,_3$

PHYSICOCHIMIE. — *Spectre d'absorption dans l'ultraviolet de l'acide nitrique pur.* Note de M. **René Dalmon** et Mlle **Geneviève Bellin**, transmise par M. Charles Fabry.

Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet de l'acide nitrique pur et de ses solutions dans l'eau les plus concentrées n'avait jamais encore été obtenu en raison du grand pouvoir d'absorption de cette substance (le domaine d'investigation était limité jusqu'à maintenant aux solutions à 15^{mol} par litre, soit 70 % environ). Il faut, en effet, pour déterminer le coefficient d'extinction de l'acide pur jusqu'à 2400 Å environ, pouvoir l'examiner sous des épaisseurs de l'ordre de 50^{μ}. Grâce à une cuve d'absorption spéciale, qui sera décrite plus tard, nous avons pu obtenir le spectre complet de l'acide pur. Nous donnons dans le tableau ci-après les coefficients d'extinction moléculaire de l'acide pur et de ses solutions les plus concentrées.

% en poids.	3000.	2950.	2900.	2850.	2800.	2750.	2700.	2650.	2600.	2550.	2500.	2450.	2400.	C.
80....	2,4	3,6	5,0	6,4	7,6	8,6	9,15	9,2	8,8	8,15	7,6	8,15	11	18,7
85....	2,05	3,2	4,6	6,1	7,4	8,5	9,15	9,4	9,3	8,7	8,2	8,3	10	20,2
50....	1,8	2,8	4,2	5,8	7,2	8,4	9,1	9,6	9,7	9,2	8,6	8,3	9,5	21,6
95....	1,55	2,5	3,95	5,5	6,9	8,1	8,9	9,4	9,7	9,5	8,85	8,6	9,2	23,1
100....	1,6	2,5	3,7	5,1	6,5	7,7	3,1	9,1	9,45	9,5	9,1	9,1	10,7	24,5

Ces spectres ont été pris à 0°. C, Concentrations moléculaires.

L'examen de ces spectres montre un déplacement continu, vers les courtes longueurs d'onde, du maximum de la bande d'absorption.

Le spectre de l'acide pur est identique à celui de la solution dans le chloroforme, obtenu précédemment. Ce résultat confirme bien les conclusions auxquelles nous étions parvenus à la suite de l'étude des solutions chloroformique et éthérée ([1]). Seules les premières contiennent bien l'acide nitrique à l'état libre.

Nous avons comparé le spectre de l'acide pur avec ceux des nitrates organiques (nitrate d'éthyle) et des dérivés nitrés (nitrométhane). Le tableau ci-dessous donne les valeurs des coefficients d'extinction moléculaire du nitrate d'éthyle et du nitrométhane, que nous avons déterminées de nouveau.

λ...	3000.	2950.	2900.	2850.	2800.	2750.	2700.	2650.	2600.	2550.	2500.	2450.	2400.
A...	2,00	3,1	4,6	6,4	8,5	10,8	12,5	13,9	15,4	17,5	20,0	27,25	-
B...	5,73	7,37	9,09	11,24	12,99	13,86	13,92	13,32	11,68	10,48	8,4	7,31	14,52

A, $NO^3C^2H^5$; B, CH^3NO^2.

On constate que le spectre de l'acide nitrique a la même allure que celui des esters, alors qu'il se différencie notablement de celui des dérivés nitrés. L'absorption propre du groupe NO^2, caractérisée dans les dérivés nitrés par la bande bien détachée qui a son maximum à 2720 Å, est déplacée vers les courtes longueurs d'onde dans l'acide nitrique et les nitrates organiques. Dans le premier elle subsiste encore, quoique très affaiblie. Dans les seconds elle ne se décèle que par un point d'inflexion : elle est masquée par la montée rapide de la deuxième bande.

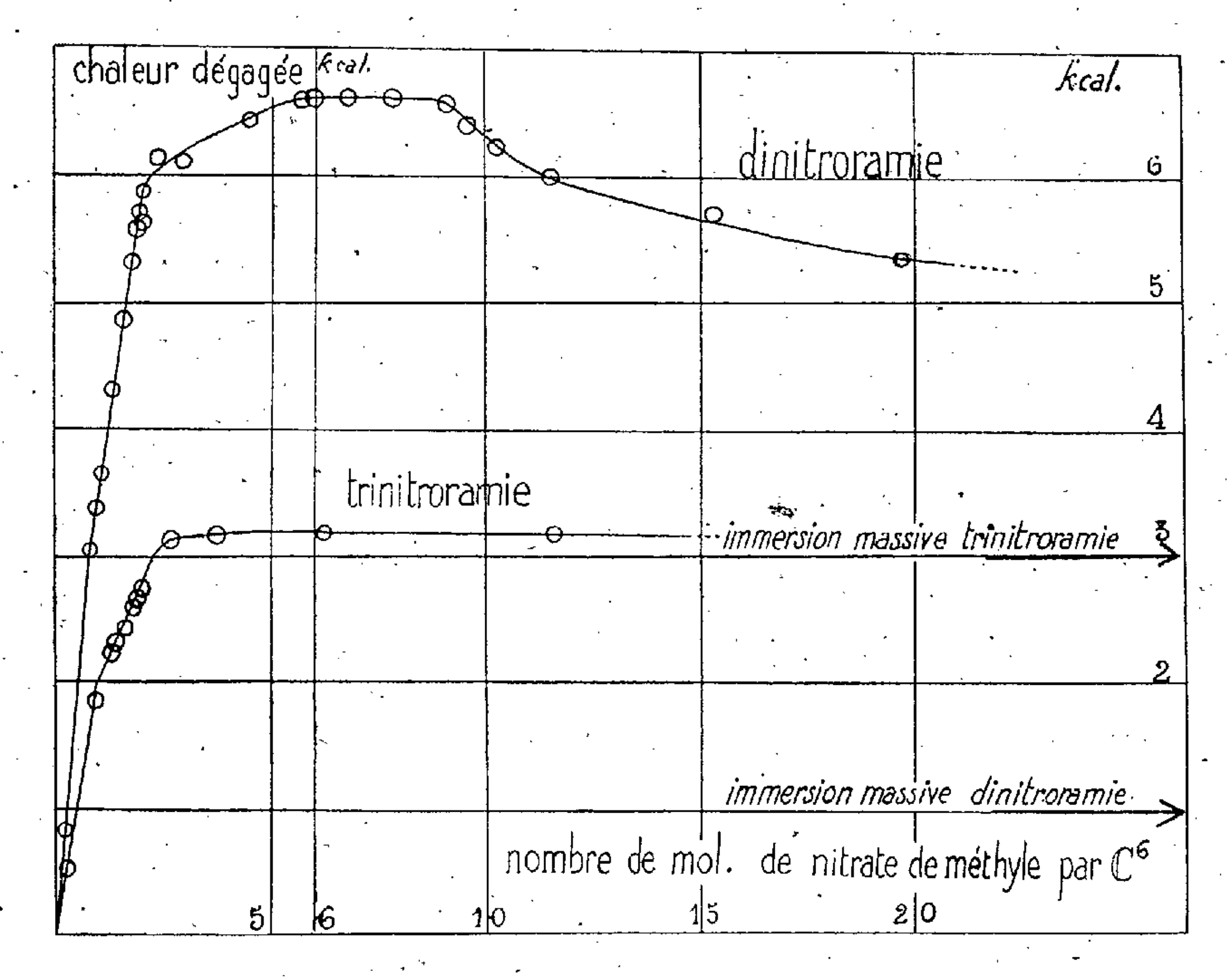
On en conclut que la structure de l'acide pur est analogue à celle des esters.

Dans l'acide comme dans les nitrates, la présence du troisième atome d'oxygène modifie l'absorption due au groupe NO^2, et cette modification est elle-même influencée par le groupe lié à cet atome d'oxygène : un atome d'hydrogène pour l'acide, un groupe C^2H^5 pour le nitrate.

([1]) R. Dalmon, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 413; **213**, 1941, p. 782; J. Desmaroux, J. Chédin et R. Dalmon, *ibid.*, **209**, 1939, p. 455.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude calorimétrique de la gélatinisation des nitrocelluloses par le nitrate de méthyle et le nitrate d'éthyle*. Note de M[lle] **Jeanne Coutelle** et M. **Édouard Calvet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Cette étude fait suite aux travaux déjà entrepris par l'un de nous ([1]) sur la calorimétrie de la gélatinisation des nitrocelluloses par l'acétone. Elle a pour but de connaître la différence entre l'action d'un gélatinisant à action complémentaire (oxygène basique de l'acétone sur l'oxygène glucosidique acide) et l'action d'un gélatinisant agissant par similitude de constitution (nitrate alcoolique et nitrocellulose).



Les procédés expérimentaux employés sont ceux qui ont été déjà décrits dans les travaux précédemment cités ([2]) (emploi du microcalorimètre à compensation par effets Peltier et Joule de A. Tian).

Résultats. — Le graphique ci-dessus donne la chaleur totale Q dégagée par l'action progressive de n molécules de nitrate de méthyle fixées sur un chaînon C^6 de di- ou trinitrocellulose.

1° La dinitrocellulose est très attaquée à partir de $n = 6$; elle devient élastique et translucide. Elle mouille le verre et y adhère pour $n > 6$; elle est

([1]) Édouard Calvet, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 542; **213**, 1941, p. 126; *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, 1941 et 1942.

([2]) Les détails expérimentaux complémentaires paraîtront prochainement dans un autre Recueil.

peu soluble dans le nitrate de méthyle. La trinitrocellulose ne paraît pas attaquée; elle est pratiquement insoluble.

2° L'effet thermique au début de la fixation du nitrate de méthyle est, pour la trinitrocellulose, de 34,9 cal-g/g de gélatinisant fixé; pour la dinitrocellulose il est de 81 cal-g.

Nous avons fait adsorber du nitrate de méthyle par du coton non nitré. La fixation de 1^g de nitrate de méthyle dégage 110 cal-g. On voit que l'effet thermique varie en raison inverse du degré de nitration.

3° La vitesse de fixation du nitrate de méthyle sur les nitrocelluloses, dans les mêmes conditions expérimentales, croît avec le degré de nitration.

4° La courbe $Q = f(n)$ présente, pour la dinitrocellulose et la trinitrocellulose, une partie ascendante de $n = 0$ à $n = 6$. *Les valeurs de* Q *pour la trinitrocellulose sont sensiblement moitié des valeurs correspondantes pour la dinitrocellulose.*

Pour $n > 6$ la courbe présente :

a. un court palier, puis montre un refroidissement rapide dans le cas de la dinitrocellulose;

b. un palier et un refroidissement à peine appréciable pour la trinitrocellulose.

L'immersion massive de nitrocellulose dans une grande quantité de nitrate de méthyle produit un effet thermique positif. Il est, par chaînon C^6, de 3000 cal-g pour la trinitrocellulose *quelle que soit la dilution* (en effet, il n'y a pas de solubilité appréciable). Il est inférieur à 1000 cal-g pour la dinitrocellulose; dans ce cas il varie avec la dilution, car la solubilité est suffisante pour donner naissance à un refroidissement important.

Étude de l'action du nitrate d'éthyle. — Cette étude a montré que l'*effet thermique initial* est de 80 cal-g/g de nitrate d'éthyle fixé sur la dinitrocellulose. C'est le chiffre trouvé pour le nitrate de méthyle. La chaleur d'immersion massive est cependant négative.

L'effet thermique initial est donc le même pour les nitrates de méthyle et d'éthyle. Il dépend du degré de nitration.

Ce résultat, différent de celui qui avait été trouvé pour l'acétone, est confirmé par une étude en cours sur la gélatinisation des nitrocelluloses par les acétates d'alcoyles.

ÉQUILIBRES CHIMIQUES. — *Sur la dissociation des solides en cours de fusion. Cas de l'oxyde cuivrique.* Note de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré théoriquement (¹) combien la tension de dissociation d'un composé en cours de fusion devait évoluer de façon singulière en fonction de

(¹) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 549.

la température. Nous nous proposons aujourd'hui de confronter avec l'expérience les relations générales que nous avons établies. A cet effet nous examinerons les résultats que l'on obtient en appliquant les relations en question à la dissociation de l'oxyde cuivrique, seul exemple que nous connaissions d'un phénomène de ce genre qui ait été étudié suffisamment en détail (²).

1° *Pression d'équilibre du système* CuO_S (CuO, Cu^2O)$_l$, O^2. — De même que précédemment, désignons respectivement par θ, θ', L et L' les températures et les chaleurs de fusion des corps A (oxyde cuivrique) et A' (oxyde cuivreux) et par Q_2 la chaleur de dissociation à l'état solide. Nous aurons (²)

$$\theta = 1609^\circ\text{K.},\quad \theta' = 1508^\circ\text{K.},\quad L = 13300^c,\quad L' = 18400^c;\quad Q_2 = 67100^c.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs dans l'équation (6) donnée précédemment (¹), il vient, pour la pression d'équilibre p_3 du système en question,

$$\log_{10} p_3 = \frac{-22700}{T} - 2\log_{10}\left[1 - 10^{\frac{-1,81(1609-T)}{T}}\right] + 15,94,$$

la constante étant définie par la condition que, à la température d'eutexie, 1353°K., la pression p_3 soit égale à $0^{atm},53$, tension d'équilibre du système CuO_S, Cu^2O_S, O^2 à cette température. On obtient ainsi les valeurs groupées dans le tableau suivant :

T°K.	1353.	1373.	1413.	1433.	1453.	1473.	1493.	1513.
p_3 calculée	–	1,04	4,10	8,7	17	34	72	185
Atm. mesurée	0,53	0,98	3,16	5,8	11	20	38	75,5

Comme il fallait s'y attendre, les valeurs calculées diffèrent des pressions d'équilibre mesurées, mais les écarts demeurent dans les limites d'erreur de nos hypothèses, et l'on verrait, en construisant les courbes correspondantes, que celles-ci ont bien la même allure. Conformément à la théorie, la pression d'équilibre croît très rapidement lorsque la température s'élève, et cela d'autant plus que l'on s'éloigne davantage du point d'eutexie. On remarquera notamment que, bien qu'ayant poussé leur étude jusqu'à une pression d'oxygène de 75^{atm}, ce qui, vu la température (1240°C.), a déjà dû présenter bien des difficultés, Smyth et Roberts sont loin d'avoir atteint le point de fusion de l'oxyde cuivrique (1356°C.). Il ne fait donc aucun doute que la pression d'équilibre atteigne des valeurs extrêmement élevées au voisinage du point de fusion de cet oxyde; ceci est tout à fait en accord avec nos conclusions, puisque l'oxyde cuivrique possède déjà une tension de dissociation appréciable en dessous du point d'eutexie.

(²) H. S. Roberts et F. H. Smyth, *Am. Chem. Soc.*, **43**, 1921, p. 1061; M. Randall, R. F. Nielsen et G. H. West, *Ind. Eng. Chem.*, **23**, 1931, p. 388.

2° *Pression d'équilibre du système* $Cu^2O_s, (CuO, Cu^2O)_l, O^2$. — La pression d'équilibre p_4 de ce système est donnée par la relation suivante, obtenue en remplaçant les lettres par leurs valeurs dans l'équation (7) donnée antérieurement (¹),

$$\log_{10} p_4 = \frac{-3060}{T} + 4\log_{10}\left[1 - 10^{\frac{-2,67(1508-T)}{T}}\right] + 6,03.$$

La constante est définie par la même condition que précédemment. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

T°K	1353.	1373.	1393.	1413.	1433.	1453.	1473.	1493.	1508.
p_4 mm calculée	–	276	175	98	47	23	3,1	0,1	0
mesurée	400	305	220	140	79	40	17	4,7	0,6

Conformément à la théorie, la pression d'équilibre décroît constamment lorsque la température s'élève, d'abord très rapidement au voisinage du point d'eutexie, puis de plus en plus lentement à mesure que l'on se rapproche de la température de fusion de l'oxyde cuivreux. De même que précédemment, on verrait, en les construisant, que les deux courbes, expérimentale et théorique, sont tout à fait semblables. La portion croissante de cette dernière prévue dans le cas général, se trouve ici dans la partie instable du liquidus, ainsi que l'on peut s'en assurer en calculant la température qui annule la dérivée de l'équation précédente.

Le fait que, contrairement à ce que voudrait la théorie, la pression d'équilibre mesurée ne devient pas nulle au point de fusion de l'oxyde cuivreux provient de ce que cet oxyde possède lui-même une légère tension de dissociation π en cuivre et oxygène. C'est donc vers cette valeur π, et non vers zéro, que doit tendre la tension d'équilibre lorsque T se rapproche de θ'. C'est effectivement ce qui a lieu, car, de même que la courbe théorique, la courbe expérimentale présente une tangente horizontale pour $T = \theta'$.

Compte tenu de cette dernière remarque, les pressions d'équilibre calculées peuvent être considérées comme en bon accord avec les valeurs observées.

Conclusions. — En résumé, nous voyons que les relations générales auxquelles nous sommes arrivés expriment bien la façon dont s'effectue le passage entre la dissociation monovariante d'un solide A et la dissociation bivariante de ce même corps A aux températures où il forme un liquide homogène avec les produits condensés résultant de la dissociation. Ces deux phénomènes, d'aspects si différents, se trouvent ainsi reliés l'un à l'autre de façon simple. C'est en cela que réside le principal intérêt des relations en question.

En outre, et bien qu'elles ne soient valables qu'en première approximation, ces relations présentent également l'intérêt de permettre le calcul *a priori* d'un ordre de grandeur assez satisfaisant pour les pressions d'équilibre de ces systèmes compliqués, en fonction de la température, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer au préalable aucune mesure d'équilibre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'acide bisépoxy*-(2.6, 8.5$_1$) *éthyl*-5 *nonène*-2 *carboxylique*-3. Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai indiqué (¹) que l'acide bisépoxy-(2.6, 8.5$_1$) éthyl-5 nonène-3 carboxylique-3, $C^{12}H^{18}O^4$ (I), fus. à 169°, était obtenu dans de bonnes conditions par oxydation du trimère du crotonaldéhyde. Il m'a paru utile de compléter l'étude de cet acide par l'apport de faits nouveaux susceptibles de préciser sa constitution. Si l'acide $C^{12}H^{18}O^4$ correspond effectivement à la formule (I), il présentera un ensemble de propriétés analogues à celles de l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3, $C^8H^{12}O^3$ (III). Une des plus caractéristiques consiste

(I) $\overset{1}{CH^3}.\overset{2}{CH}.\overset{3}{C}:\overset{4}{CH}.\overset{5}{CH}.\overset{6}{CH}.\overset{7}{CH^2}.\overset{8}{CH}.\overset{9}{CH^3}$ (pont O entre 2 et 6; CO^2H sur 3; $CH.(CH^3)—O$ sur 5, lié à 8)

(III) $\overset{1}{CH^3}.\overset{2}{CH}.\overset{3}{C}:\overset{4}{CH}.\overset{5}{CH^2}.\overset{6}{CH}.\overset{7}{CH^3}$ (pont O entre 2 et 6; CO^2H sur 3)

(II) $CH^3.C:C.CH^2.CH.CH.CH^2.CH.CH^3$ (pont O; CO^2H; $CH.(CH^3)—O$)

(IV) $CH^3.C:C.CH^2.CH^2.CH.CH^3$ (pont O; CO^2H)

en l'isomérisation, indiquée par Delépine et Horeau (²), de (III) en (IV) par migration de la liaison éthylénique de 3 en 2, sous l'influence du nickel Raney. De plus, le groupement CO^2H de l'acide (IV) présente une stabilité moindre que celui de l'acide (III); sous l'action de la chaleur, le premier perd facilement son gaz carbonique en donnant l'oxycarbure non saturé. Il en est bien de même avec l'acide (II).

Acide bisépoxy (2.6, 8.5$_1$) *éthyl*-5 *nonène*-2 *carboxylique*-3, $C^{12}H^{18}O^4$, (II). — 100$^{cm^3}$ d'une solution aqueuse à 7^g du sel de sodium de (I), contenant 12^g de nickel Raney, en suspension, sont agités à froid pendant 12 heures. Après séparation du catalyseur et acidification par l'acide chlorhydrique, le nouvel acide se sépare avec un Rdt de 48 %. Recristallisé dans 15 fois son poids d'alcool, il affecte la forme de paillettes, fus. à 221° (fus. inst.). Solubilité à 15°, 0,005 en 100 part. d'eau. P.M. 225,4 au lieu de 226,2; C % 63,61 et 63,56; H % 8,06 (les deux fois); calc. $C^{12}H^{18}O^4$ 63,67 et 8,02.

L'isomérisation effectuée à 100° conduit à un résultat identique à celle faite à froid. Quant à la fraction non isomérisée, elle se retrouve à l'état d'acide en partie inchangé et en partie hydrogéné. L'acide (II), tout comme le (IV), n'est pas hydrogénable en présence de nickel; il suffit pour s'en assurer

---

(¹) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 845.
(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 27.

d'agiter, après isomérisation, la solution sodique au contact de l'hydrogène. L'absorption du gaz s'arrête quand l'acide non isomérisé a fixé la quantité voulue d'hydrogène. Finalement, on retrouve l'acide fus. à 221° dans les mêmes proportions que précédemment.

L'acide (II) se décompose sous l'action de la chaleur avec libération totale de CO^2 du carboxyle et formation de l'oxycarbure (V) : $0^g,0228$ d'acide, chauffé en tube scellé vide d'air à 235°, fournit $2^{cm^3},2$ de CO^2 alors qu'on en prévoit $2^{cm^3},25$. A 200°, la quantité de CO^2 est plus faible et à 170° il n'y a plus de dégagement gazeux. Cette instabilité à la chaleur du carboxyle n'en supprime pas les propriétés générales; c'est ainsi que l'acide (II) est transformable en amide.

Bisépoxy-(2.6, 8.5_1) *éthyl*-5 *nonène*-2 *carbonylamide*-3 $C^{12}H^{19}O^3N$. — Traité par deux fois son poids de chlorure de thionyle à douce ébullition pendant 20 min., l'acide fus. à 221° est transformé en chlorure d'acide, lequel réagissant sur l'ammoniac conduit à l'amide : Rdt 70 % ; F 176° (fus. inst.); N % 6,22; calc. 6,27.

L'époxy-2.6 heptène-2 carbonylamide-3, $C^8H^{13}O^2N$, n'ayant pas encore été décrit, j'ai vérifié qu'il était facilement accessible, en opérant à froid : Rdt 65 % ; F 192°; N % 9,20; calc. 9,02.

L'acide (II) réagit très facilement avec le brome, aussi bien en milieu chloroformique, où se produit un dégagement d'acide bromhydrique, qu'en milieu aqueux. Mais les produits en résultant ne sont pas simples; aussi pour caractériser la liaison éthylénique a-t-on recherché de nouvelles réactions susceptibles d'apporter des faits plus démonstratifs. C'est dans l'étude du dioxycarbure (V) provenant de la décarboxylation de l'acide (II) que l'on a établi la présence de la liaison éthylénique. Ce dioxycarbure, tout comme son homologue l'époxy-2.6 heptène-2, fixe une molécule d'hydrogène par voie catalytique; il fixe également une molécule d'eau avec ouverture du pont oxydique-2.6, ce qui conduit transitoirement au diol (VII) et finalement à la cétone (VIII) caractérisée par sa semicarbazone :

```
         ┌─────O──────┐                          ┌───────O────────┐
(V)   CH³.C:CH.CH².CH.CH.CH².CH.CH³     CH³.CH.CH².CH².CH.CH.CH².CH.CH³  (VI)
                    CH³.CH──O──┘                        CH³.CH──O──┘

        OH          OH                                    OH
(VII) CH³.C:CH.CH².CH.CH.CH².CH.CH³     CH³.CO.CH².CH².CH.CH.CH².CH.CH³ (VIII)
                    CH³.CH──O──┘                        CH³.CH──O──┘
```

Bisépoxy-(2.6, 8.5_1) *éthyl*-5 *nonène*-2; $C^{11}H^{18}O^2$ (V). — 8^g d'acide (II) ont été chauffés 10 min. à 250°; après distillation on obtient le nonène-2 avec un Rdt de 97 %. Liquide incolore à odeur de menthe, insoluble dans l'eau, miscible aux solvants organiques; E_{13} 100°; n_D^{15} 1,4755; D_4^0 1,0079; D_4^{20} 0,9918; R.M. 51,54, calc. 51,41; C % 72,35; H % 9,92, calc. 72,47 et 9,96.

Bisépoxy-(2.6, 8.5$_1$) *éthyl*-5 *nonane*; $C^{11}H^{20}O^2$ (VI). — 4^g de nonène-2 (V) dissous dans 50$^{cm^3}$ d'éther, agités avec 1^g de platine Adams en présence d'hydrogène, absorbent une molécule de gaz en 30 min. Après distillation, on recueille un liquide incolore, à odeur de menthe, constitué vraisemblablement par un mélange des deux isomères *cis* et *trans;* insoluble dans l'eau et miscible aux solvants organiques. E_{14} 96°; n_D^{17} 1,4600; D_4^0 0,9771; D_4^{20} 0,9608; R.M. 52,48, calc. 51,88; C % 70,96; H % 11,13; calc. 71,67 et 10,94.

Semi-carbazone de l'époxy-8.5$_1$ *éthyl*-5 *ol*-6 *nonanone*-2; $C^{12}H^{23}O^3N^3$ (VIII). — Le nonène-2 (V), chauffé 8 heures à 80° avec 10 fois son poids d'eau, fournit une solution homogène; à celle-ci, refroidie, on ajoute de l'acétate de sodium et du chlorhydrate de semicarbazide. Au bout de quelques jours le poids de cristaux recueillis est supérieur à celui prévu, pour une semicarbazone anhydre; F 102° (fus. inst.), sans modification après recristallisation dans l'eau. Séchés à 100°, ces cristaux subissent une perte de poids de 12,41 %, calc. pour 2 H^2O de cristallisation 12,29. Anhydre, la semiçarbazone fond à 191-192° (fus. inst.). C % 55,80; H % 9,14; N %, 16,23; calc. (anhydre) : 55,99; 9,01 et 16,34.

L'oxycarbure saturé (VI) traité par l'eau dans les mêmes conditions reste insoluble.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Du* 2.3-*benzo*-1-*azachrysène et de ses dérivés.* Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Si les noyaux polycycliques de la série aromatique ont été très étudiés, les noyaux hétérocycliques condensés équivalents connus sont peu nombreux. Une étude systématique des corps azotés de cette série présenterait pourtant un grand intérêt physiologique. En effet, on sait par exemple que la β-anthraquinoléine est cancérigène ([1]), que la 1.2.5.6-dibenzacridine entrave la croissance des rats ([2]), et agit en outre contre le nagana ([3]). Toujours dans le groupe des acridines polynucléaires, citons le tétrophan (XV), médicament à action strychninique employé contre les affections de la moelle épinière. Ce dernier corps ayant été préparé par von Braun ([4]) en appliquant à l'α-tétralone la

CO²H OC H²N — 2 H²O → CO²H N

(I) (II) (III)

([1]) Sempronj et Morelli, *Am. J. Cancer*, **35**, 1939, p. 534.
([2]) Haddow, Scott et Scott, *Proc. Roy. Soc.*, B, **122**, 1937, p. 477.
([3]) Oesterlin, *Deutsch. Klin. Woch.*, **16**, 1937, p. 1598.
([4]) *Ber. d. chem. Ges.*, 55, 1922, p. 3675.

réaction de Pfitzinger-Borsche, nous avons étendu cette condensation aux cyclanones tricycliques afin d'obtenir des noyaux encore plus complexes. En faisant agir l'isatine (II) en milieu alcalin sur le 1-céto-1.2.3.4-tétrahydrophénanthrène (I), nous avons obtenu facilement l'acide 5.6-dihydro-2.3-benzo-1-azachrysène-4-carbonique (III) du même type que le tétrophan. Ce corps donne naissance, par décarboxylation, au 5.6-dihydro-2.3-benzo-1-

A.

(IV)	$R_1 = R_2 = R_3 = H$
(VII)	$R_1 = CO^2H$ $R_2 = CH^3$ $R_3 = H$
(VIII)	$R_1 = H$ $R_2 = CH^3$ $R_3 = H$
(XI)	$R_1 = CO^2H$ $R_2 = H$ $R_3 = OCH^3$
(XII)	$R_1 = R_2 = H$ $R_3 = OCH^3$
(XIV)	$R_1 = CO^2H$ $R_2 = CH^3$ $R_3 = OCH^3$

B.

(V)	$X_1 = X_2 = H$
(IX)	$X_1 = CH^3$ $X_2 = H$
(XIII)	$X_1 = H$ $X_2 = OCH^3$

azachrysène (IV) qu'une déshydrogénation transforme aisément en 2.3-benzo-1-azachrysène (V). Tous ces composés (et les suivants) correspondent à un noyau pentacyclique azoté non encore étudié jusqu'ici, et sont représentés par les formules générales A et B, dans lesquelles on retrouve le noyau de l'acridine avec un complexe naphtalénique fixé en ortho et méta. En employant la 5-méthylisatine (VI) et la cétone (I), on obtient l'acide 3'-méthyl-5.6-

(VI) (X) (XV)

dihydro-2.3-benzo-1-azachrysène-4-carbonique (VII) qui fournit à son tour le 3'-méthyl-5.6-dihydro-2.3-benzo-1-azachrysène (VIII), puis le 3'-méthyl-2.3-benzo-1-azachrysène (IX). On peut également faire varier la composante cyclanone : en condensant le 9-méthoxy-1-céto-1.2.3.4-tétrahydrophénanthrène (X) avec l'isatine, on obtient l'acide 11-méthoxy-5.6-dihydro-2.3-benzo-1-azachrysène-4-carbonique (XI) qui donne de la même façon le

11-méthoxy-5.6-dihydro-2.3-benzo-1-azachrysène (XII) et le 11-méthoxy-2.3-benzo-1-azachrysène (XIII). De même, avec la 5-méthylisatine et la cétone (X), on aboutit à l'acide 11-méthoxy-3'-méthyl-5.6-dihydro-2.3-benzo-1-azachrysène-4-carbonique (XIV).

Mode expérimental. — 1° (III) $C^{22}H^{15}O^{2}N$; 2^{g} de cétone (II), 1^{g},5 d'isatine et 3$^{cm^3}$ d'alcool sont chauffés 20 heures au reflux au bain-marie avec une solution de 1^{g},7 de KOH dissous dans 2$^{cm^3}$ d'eau. On verse dans l'eau, enlève les impuretés par épuisement à l'éther, et acidifie la solution par $CH^{3}CO^{2}H$ dilué : il se produit avec des rendements théoriques un précipité granuleux jaune très peu soluble dans l'alcool et $CH^{3}CO^{2}H$. Après dissolution dans la potasse aqueuse et reprécipitation, on obtient une poudre cristalline jaune clair, fondant au-dessus de 300° en perdant CO^{2}; 2° (IV) $C^{21}H^{15}N$: on chauffe l'acide précédent à plus de 300° sous vide, et, le dégagement gazeux terminé, on distille le résidu sous haut vide : il passe vers 310° sous 0^{mm},5 un liquide se solidifiant en une masse jaunâtre. Après cristallisation dans l'alcool, on a de fins cristaux légèrement jaunes F 179°. Le chlorhydrate se sépare de l'alcool en touffes d'aiguilles jaune vif devenant orangé à la chaleur, et donnant des solutions douées d'une vive fluorescence verte; le picrate constitue des cristaux orangé brique, se décomposant au-dessus de 210°, F. inst. à 232°; 3° (V) $C^{21}H^{13}N$: un mélange intime de PbO en excès et de (IV) est chauffé à 300-310° pendant 20 minutes : il se dégage $H^{2}O$, et, après refroidissement et extration à l'alcool, on a de fins cristaux jaunâtres F 184°, donnant un chlorhydrate orangé et un picrate cristallisant de l'alcool en aiguilles jaune vif se décomposant au-dessus de 210°, F inst. vers 224-225°; 4° (VII) $C^{23}H^{17}O^{2}N$: cristaux jaunâtres (de $CH^{3}CO^{2}H$) F 293° (décomp.); rendement théorique; 5° (VIII) $C^{22}H^{17}N$: belles aiguilles brillantes faiblement jaunes F 174° donnant des solutions alcooliques à fluorescence verte, un chlorhydrate sous forme de fines aiguilles jaune vif et un picrate en forme de fins cristaux orangé, F inst. 236-237°; 6° (IX) $C^{22}H^{15}N$: fins cristaux jaunâtres (du méthanol) F 194°; le chlorhydrate est jaune et le picrate constitue des aiguilles soyeuses orangé F inst. 238-240°; 7° (XI) $C^{23}H^{17}O^{3}N$: poudre jaune clair (de $CH^{3}CO^{2}H$) se décomposant à 260-262°, devenant orange par la chaleur; 8° (XII) $C^{22}H^{17}ON$: $E_{0,5} \sim 310°$, fins cristaux jaunâtres F 153° (suintement préalable), donnant un picrate en petites aiguilles orangées F inst. 238° et un chlorhydrate en aiguilles rougeâtres; 9° (XIII) $C^{22}H^{15}ON$: fines aiguilles jaune clair F 180° peu solubles dans l'alcool (fluorescence verte); le picrate constitue des cristaux feutrés rouge vermillon, et le chlorhydrate, de fines aiguilles rouge vif; 10° (XIV) $C^{24}H^{19}O^{3}N$: fines aiguilles jaune citron devenant orangé par chauffage. Suinte et perd CO^{2} au-dessus de 180° environ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide mercapto-pyruvique.* Note de M. Jacques Parrod, présentée par M. Paul Lebeau.

En vue d'études biochimiques ultérieures, je me suis proposé de réaliser la synthèse des acides α-cétoniques correspondant aux acides aminés et sulfurés naturels. Il m'a été possible d'obtenir, sous forme de sels, l'acide mercapto-pyruvique

$$HSCH^{2}-CO-CO^{2}H \quad \text{ou} \quad HSCH=COH-CO^{2}H,$$

dérivé de la cystéine $HSCH^{2}-CHNH^{2}-CO^{2}H$.

Pour cela, on commence par saturer d'hydrogène sulfuré 250^{cm^3} de solution ammoniacale normale, puis, après l'avoir refroidie au voisinage de 0°, on y verse, en agitant, 125^{cm^3} de solution de chloropyruvate d'ammonium, obtenue à partir de 25^g d'acide chloropyruvique (¹). Par addition de 3 à 4^{vol} d'alcool absolu, et amorçage par frottement des parois du récipient, se sépare un précipité cistallisé que l'on essore et laisse sécher à l'air. Ce produit brut (17 à 18^g) est broyé avec 20^{cm^3} d'eau, essoré, dissous à froid dans 340^{cm^3} d'eau, décoloré au noir animal. En mélangeant avec 3^{vol} d'alcool absolu, on provoque alors la séparation lente de petits prismes incolores de mercaptopyruvate d'ammonium, anhydre, pur à l'analyse, soluble dans l'eau, insoluble dans les alcools méthylique et éthylique, ainsi que dans les autres solvants usuels.

Par le même procédé peuvent être préparés les sels de sodium et de potassium, mais la purification du sel d'ammonium est plus facile.

Les sels de strontium et de baryum, de formules respectives

$$(HSCH^2{-}CO{-}CO^2)^2Sr + 2H^2O \quad \text{et} \quad (HSCH^2{-}CO{-}CO^2)^2Ba + 4H^2O,$$

s'obtiennent de préférence par double décomposition à partir du mercaptopyruvate d'ammonium. Ils se dissolvent difficilement dans l'eau.

Les mercaptopyruvates solubles fournissent des précipités amorphes avec les nitrates d'argent, de plomb et de cadmium. Ils donnent, lorsqu'on les traite par le nitroprussiate de sodium et une goutte de lessive de soude, une coloration rouge très fugace. Cette réaction, en général plus persistante, est commune aux acides α-cétoniques et aux mercaptans.

Il ne m'a été possible de préparer ni oxime, ni semicarbazone; par contre, la 2-4-dinitrophénylhydrazine ($0^g,22$ dans 28^{cm^3} HCl $2n$ et $0^g,14$ mercaptopyruvate d'ammonium dans 8^{cm^3} d'eau) forme lentement à froid, et rapidement à chaud, une hydrazone en lamelles jaunes, F 195-200°, dont la composition centésimale répond à la formule $HSCH^2{-}C[N{-}NHC^6H^3(NO^2)^2]{-}CO^2H$. Elle est insoluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool froid, soluble à chaud dans le nitrobenzène. Sa solution alcoolique réduit instantanément le volume calculé de solution alcoolique d'iode, et, presque aussitôt, précipite le disulfure correspondant, en belles aiguilles jaunes, F 255-260°, insolubles dans l'alcool froid, très solubles à l'ébullition.

Une solution alcaline de mercaptopyruvate de sodium se décompose à chaud avec formation de sulfure; en milieu acide ou neutre, l'hydrogène sulfuré n'apparaît pas. Il n'en est plus de même si l'on ajoute du soufre pulvérisé;

(¹) GENVRESSE, *Bull Soc. chim. Fr.*, 3ᵉ série, 7, 1892, p. 83; M. GARINO et I. MUZIO, *Gazz. chim. ital.*, 2ᵉ série, 52, 1922, pp. 209 et 226.

en général, les mercaptans donnent dans ces conditions le disulfure

$$2R-SH + S \rightarrow R-S-S-R + H^2S.$$

Ici, ce produit, s'il se forme effectivement, est décomposé à son tour, car la liqueur devient noirâtre, et l'hydrogène sulfuré recueilli atteint jusqu'à 1,6 fois la quantité calculée d'après l'équation précédente.

Comme tous les mercaptans, le mercaptopyruvate d'ammonium est oxydé par l'iode. Toutefois, cette oxydation ne se produit pas en milieu alcoolique ou acétique, tandis qu'en milieu aqueux, elle ne s'arrête pas, ainsi qu'on l'attendrait, au terme disulfure. En effet, le volume de réactif susceptible d'être décoloré représente plusieurs fois le volume correspondant à la réaction habituelle, et, parmi les produits finaux, on trouve une quantité importante d'acide sulfurique.

En résumé, j'ai fait connaître la préparation de plusieurs sels de l'acide mercaptopyruvique, ainsi que leurs principales propriétés.

PHYSIOLOGIE. — *Rôle de la vagotonine dans la résistance à l'hypoxhémie* (1).
Note de MM. **Michel Polonowski, Daniel Santenoise, Jean Cheymol** et **Eugène Stankoff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On connaît depuis longtemps l'importance du facteur individuel dans la résistance aux accidents dus au déficit d'oxygène (hypoxhémie).

Le contrôle médico-physiologique des aviateurs ayant décelé une corrélation entre l'activité fonctionnelle du système neuro-végétatif et la résistance à la dépression barométrique, nous nous sommes demandé si ces différences n'étaient pas liées à des variations de la vagotoninémie, réglant à la fois le tonus neuro-végétatif et l'activité respiratoire.

Des recherches expérimentales effectuées chez plus d'une centaine d'animaux (chiens, lapins, cobayes) viennent à l'appui de cette hypothèse.

A. 1° Chez le Chien chloralosé nous avons étudié la résistance aux accidents provoqués par l'administration, à l'aide d'une canule trachéale et de soupapes de Tissot, d'un mélange d'azote et d'oxygène en proportions très exactement définies, en prenant comme critère l'arrêt respiratoire.

a. Avec des mélanges contenant de 4,5 à 5 % de O^2, nous avons observé une survie de plus de 45 minutes chez 10 animaux. Chez 11 autres, l'arrêt respiratoire est survenu (dans les mêmes conditions d'anesthésie) au bout de temps variant entre 7 min. 30 sec. et 22 min.);

b. Avec des mélanges contenant de 3 à 4 % de O^2, la survie ne fut supérieure à 45 min.

---

(1) Ce terme est préférable à celui d'anoxémie.

que chez 3 animaux, tandis que 13 chiens (dans les mêmes conditions d'anesthésie) ont présenté des arrêts respiratoires au bout de temps variant de 2 min. 30 sec. à 5 min. 20 sec

Les animaux ayant résisté plus de 45 minutes présentaient tous une excitabilité réflexe vagale marquée, un pouvoir estérasique du sang inférieur à celui des animaux sensibles à l'hypoxhémie, ainsi qu'une capacité respiratoire du sang élevée.

2° *En administrant par voie intraveineuse de 2 à 5ᵐᵍ de vagotonine purifiée* par kilogramme, 1 heure avant de faire respirer les mélanges sous-oxygénés, nous avons très régulièrement provoqué *un accroissement considérable de la résistance à l'hypoxhémie.*

a. Avec 5 % de O^2, 4 chiens sur 4 ont résisté plus de 45 minutes;

b. Avec 3 % de O^2, sur 7 chiens 2 ont résisté plus de 45 minutes, 5 n'ont présenté d'accidents qu'au bout de durées d'hypoxhémie bien supérieures à celles ayant déclenché les accidents chez les témoins, variant de 6 min. 20 sec. à 15 min.

3° Enfin, chez 9 animaux nous avons étudié la durée de la résistance à l'hypoxhémie avant et après intjection de vagotonine, en nous plaçant toujours dans les mêmes conditions d'anesthésie, et en séparant les deux essais par un intervalle de plusieurs heures. Après vagotonine, la résistance a été considérablement augmentée :

	Durée de la résistance (en min. et sec.).								
Avant vagotonine...	2	2,30	3,3	3,30	3,50	4	4,50	7,1	22
Après vagotonine...	16,30	11	6,30	7	4,30	16	12	> 45	> 45

B. En réalisant le même type expérimental chez 46 lapins non anesthésiés ou anesthésiés au chloralose ou à l'uréthane, nous avons observé des résultats du même ordre, résistance spontanée des vagotoniques, augmentation de la résistance après administration de vagotonine :

	Durée de la résistance (en min. et sec.).				
Avant vagotonine.......	4,50	7,30	10	10	14
Après vagotonine.......	13	> 60	21	38	40

C. En provoquant l'hypoxhémie par dépression barométrique en caisson, nous avons obtenu :

a. Chez 8 cobayes témoins, l'arrêt respiratoire et la mort pour des dépressions correspondant à une altitude moyenne de 13325ᵐ, alors que 8 autres cobayes ayant reçu au préalable 2ᵐᵍ de vagotonine sous-cutanée présentèrent 4 survies à des altitudes moyennes de 13 725ᵐ;

b. Chez 6 lapins témoins, pour des altitudes de 9816ᵐ, 5 morts et une survie, alors que chez 6 autres lapins ayant préalablement reçu de la vagotonine, nous avons enregistré 6 survies pour des altitudes supérieures (10616ᵐ);

D. Cette expérimentation corrobore nos observations sur les modifications humorales dues à une hypoxhémie chez l'Homme, soumis à une dépression atmosphérique en caisson, avant et après administration de vagotonine. Dans tous les cas, nous avons, en effet, constaté, après ingestion de cette hormone, une élimination beaucoup moins marquée des bases par l'urine, de l'élévation de l'indice chromique résiduel et de l'acide lactique sanguin, ainsi qu'un rendement amélioré des principaux tests psychologiques pratiqués en altitude, qui sont les manifestations les plus précoces des accidents hypoxhémiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le vanadium chez les Vertébrés.* Note (¹) de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Un ensemble important de recherches a permis de démontrer que la composition élémentaire et le fonctionnement physiologique des êtres vivants reposent sur un nombre relativement grand de métalloïdes et de métaux, dont certains, dit oligoéléments, n'existent qu'en très petites proportions (²). Pour la majorité des éléments de la matière vivante, ces notions ont été reconnues exactes par les expériences effectuées sur toutes les espèces végétales et animales étudiées et présentent ainsi un caractère tout à fait général; pour les autres, elles ne reposent encore que sur des découvertes très limitées, et de nouvelles recherches sont nécessaires pour savoir si ces notions restent générales ou s'appliquent seulement à certains groupes d'espèces. C'est ainsi que la question se présente à l'égard du vanadium, dont la présence a été découverte en 1911 dans le sang d'une Ascidie par Henze (³). Depuis, par l'analyse spectrale avec des charbons comme électrodes, cette présence a été signalée par Wright et Papich (⁴), puis par Zbinden (⁵) dans le lait; par Drea (⁶), dans les œufs et le tissu de poulet, enfin par Bell (⁷) dans des œufs. Mais Webb (⁸) a montré que tous les charbons contiennent du vanadium, ce que mes propres recherches ont confirmé; en outre ce métal a été considéré comme présent par les auteurs précités quand une raie ultime (parfois plusieurs) était renforcée; or j'ai eu l'occasion de montrer (⁹) que ce fait ne

(¹) Séance du 27 juillet 1942.
(²) Gabriel Bertrand, *Ann. Inst. Pasteur,* 67, 1941, p. 216.
(³) *Zeits. f. Physiol. Chem.,* 72, 1911, p. 494.
(⁴) *Science,* 69, 1929, p. 78.
(⁵) *Le Lait,* 11, 1931, p. 113.
(⁶) *J. of Nutrition,* 10, 1935, p. 350.
(⁷) *Ind. Eng. Chem.* (*Anal.*), 10, 1938, p. 579.
(⁸) *Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.,* 21, 1937, p. 505.
(⁹) Didier Bertrand, *Bull. Soc. Chim.,* 5ᵉ série, 9, 1942, p. 58.

suffit pas à prouver la présence du vanadium dans le cas de cendres d'origine biologique.

La question était donc à reprendre, et cela avec d'autant plus d'intérêt que la présence normale du vanadium chez les végétaux est maintenant acquise ([10]). J'ai suivi, pour les animaux, la méthode d'analyse déjà employée pour les plantes et pour la terre arable ([11]), avec cette différence qu'au lieu de détruire la matière organique par calcination, j'ai utilisé la voie humide (mélange sulfo-nitro-perchlorique). Cette dernière façon d'opérer, quoique exigeant de grandes quantités d'acides d'une purification difficile, s'est trouvée ici plus rapide, sans donner lieu non plus à des pertes de métal. Les prises d'essai ont été, dans tous les cas, de 50 à 60^g de matière séchée à 105°, de façon à rendre les résultats aussi comparables entre eux que possible. Les intestins des animaux entiers ont été vidés et nettoyés. Comme dans le cas des plantes, la limite inférieure de vanadium dosable est restée de 1.10^{-6} g pour une concentration minima dans la matière sèche voisine de 2.10^{-8}. Les résultats sont exposés ci-dessous.

	Mat. sèche % de mat. fraîche.	V en mg par kg de mat. sèche.
Poissons		
arpe (ovaires)	–	0,19
oussette (1 poisson entier)	23,6	0,04
ouget grondin (1 poisson entier)	28,0	0,10
Ierlan (5 poissons)	22,5	0,14
orade (1 poisson entier)	24,2	0,22
Batraciens		
rapauds communs (6 ex. entiers)	21,6	0,20
Reptiles		
ouleuvre à collier (1 ex. entier)	23,4	0,30

	Mat. sèche % de mat. fraîche.	V en mg par kg de mat. sèche.
Oiseaux		
Pélican d'Afrique (muscles pect.)	22,2	0,03
Cormoran (muscles pectoraux)	25,0	0,04
» (foie, 2 exemplaires)	22,7	0,20
Mammifères		
Chien (4 reins)	24,8	0 (<0,02)
» (pancréas, 3 exemplaires)	38,2	0,008
» (sang)	18,9	0,086
» (foie)	18,9	0,20
Cerf de Sibérie (foie)	27,8	0,14
Souris blanche (7 individus)	33,4	0 (<0,02)
Surmulot (1 individu)	36,4	10,5

Le vanadium a donc pu être dosé sauf dans un organe, le rein de chien et dans les souris blanches. Peut-être n'y avait-il dans ces deux cas qu'une teneur en vanadium trop faible pour être décelable par la méthode employée. Il y a lieu de mentionner que les souris n'avaient reçu, pendant les six semaines qui avaient précédé leur analyse, que des aliments qui étaient très pauvres en ce métal. Trois d'entre elles étaient nées de parents ayant déjà subi le même régime; le petit nombre de naissances enregistré dans les élevages indiquait,

---

([10]) Didier Bertrand, *Ann. Inst. Pasteur*, 68, 1942, p. 58.
([11]) Didier Bertrand, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 9, 1942, p. 128.

par ailleurs, que ce régime, imposé par les circonstances, était loin d'être complet.

Les quantités de vanadium particulièrement faibles, trouvées dans les échantillons examinés, ont rendu les analyses très délicates et exigé le contrôle fréquent des réactifs. Il serait intéressant d'augmenter le nombre des analyses, mais les circonstances actuelles rendent cette extension difficile.

Il semble néanmoins déjà possible de conclure que le vanadium est normalement présent à de très faibles concentrations chez les Vertébrés, et que le foie, comme pour d'autres oligoéléments en général, est parmi les tissus qui en contiennent le plus.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^h55^m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 AOUT 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 18 au lieu du lundi 17 août.

OPTIQUE. — *Sur la propagation de l'énergie lumineuse dans les milieux anisotropes.* Note de M. **Louis de Broglie**.

La théorie de la propagation des ondes lumineuses monochromatiques dans les milieux anisotropes est bien connue depuis Fresnel. Elle permet de définir, pour chaque direction de propagation d'ondes planes, une vitesse V de propagation de la phase dirigée suivant la normale aux plans d'ondes : la variation de cette vitesse avec la direction de la vibration est représentée par des constructions géométriques classiques. On sait aussi que l'énergie lumineuse se déplace suivant des droites qui ne coïncident pas avec les normales aux plans d'onde et qui sont définies par les points où chaque plan d'onde touche la surface d'onde correspondante : ces droites sont les *rayons* de la lumière et l'énergie se propage le long de ces rayons avec une vitesse v, dite *vitesse radiale*, qui dépend, elle aussi, de la direction de vibration.

Tout ceci est bien connu, mais, en toute rigueur, ne s'applique qu'aux ondes planes monochromatiques à amplitude constante : or une telle onde plane est une abstraction et, en fait, on a toujours affaire à des trains d'ondes de dimensions limitées dont l'amplitude est nécessairement variable, du moins sur les bords. Comment la théorie peut-elle se développer dans le cas des trains d'ondes? C'est là une question qui avait préoccupé Boussinesq : il l'avait étudiée par des méthodes ingénieuses dans son cours de Physique mathématique. Nous allons indiquer une manière synthétique de retrouver les résultats relatifs aux rayons et à la vitesse radiale qui tient compte des variations d'amplitude dans le train d'ondes : elle se rattache aux méthodes de calcul qui permettent de passer de l'Optique ondulatoire à l'Optique géométrique quand celle-ci est valable.

Nous suivrons exactement les notations et les formules du *Traité d'Optique* de Drude [1]. Nous prendrons comme axes de coordonnées cartésiennes les axes principaux de polarisation électrique du cristal supposé non magnétique. L'induction électrique $\vec{b}$ et le champ électrique $\vec{h}$ satisfont alors à l'équation de propagation

$$\text{(1)}\qquad \frac{1}{V_0^2}\frac{\partial^2 \vec{b}}{\partial t^2} = \Delta\vec{h} - \operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{h},$$

où V_0 est la vitesse de la lumière dans le vide. En désignant par b_0 l'amplitude de l'induction électrique et par l, m, n sa direction, nous poserons

$$\text{(2)}\qquad b_x = l b_0 e^{i\varphi}, \qquad b_y = m b_0 e^{i\varphi}, \qquad b_z = n b_0 e^{i\varphi},$$

où, pour un train d'ondes presque monochromatique, nous aurons une expression approchée de φ en posant

$$\text{(3)}\qquad \varphi \simeq 2\pi\nu\left(t - \frac{\alpha x + \beta y + \gamma z}{V}\right),$$

α, β, γ étant les cosinus directeurs de la direction de propagation et V la vitesse de la phase dans cette direction. L'amplitude b_0 sera supposée variable d'un point à l'autre du train d'ondes, mais varie lentement à l'échelle de la longueur d'onde $\lambda = V/\nu$. Si l'on désigne les constantes diélectriques principales par K_x, K_y, K_z, on pourra poser

$$\text{(4)}\qquad h_x = \frac{l}{K_x} b_0 e^{i\varphi}, \qquad h_y = \frac{m}{K_y} b_0 e^{i\varphi}, \qquad h_z = \frac{n}{K_z} b_0 e^{i\varphi}.$$

Nous poserons aussi par définition

$$\text{(5)}\qquad a^2 = \frac{V_0^2}{K_x}, \qquad b^2 = \frac{V_0^2}{K_y}, \qquad c^2 = \frac{V_0^2}{K_z}.$$

Si nous introduisons les définitions (2) et (4) de l'induction et du champ électriques dans l'équation de propagation (1), nous obtiendrons une équation complexe dont nous pourrons séparer la partie réelle et la partie imaginaire.

L'équation obtenue en prenant la partie réelle contiendra les dérivées secondes de b_0 et de φ et le carré des dérivées premières de φ. Comme φ a par hypothèse approximativement la forme (3) et que b_0 varie lentement à l'échelle de la longueur d'onde, les dérivées secondes de b_0 et de φ sont très sensiblement négligeables devant les dérivées premières de φ et, à ce degré d'approximation, les relations qui en résultent seront évidemment les mêmes que pour une onde monochromatique plane où b_0 serait une constante et où φ aurait rigoureusement l'expression (3) : on retrouvera donc ainsi la théorie classique de la

(1) Traduction française, Paris, 1912, II, pp. 72 et suivantes.

vitesse de phase (vitesse normale) et de ses variations en fonction des cosinus directeurs l, m, n de l'induction électrique. En particulier, on aboutit à la relation [2]

$$V^2 = a^2 l^2 + b^2 m^2 + c^2 n^2. \tag{6}$$

Après avoir ainsi retrouvé la théorie des vitesses normales, il nous faut encore satisfaire à l'équation qui provient de la partie imaginaire du résultat de la substitution de (2) et (4) dans (1). Compte tenu de (6), on trouve pour cette équation

$$\frac{\partial}{\partial t}(b_0^2 V^2) = \operatorname{div}\left[(a^4 l^2 + b^4 m^2 + c^4 n^2)\frac{b_0^2}{V}\vec{u}\right] - \left(a^2 l \frac{\partial b_0^2}{\partial x} + b^2 m \frac{\partial b_0^2}{\partial y} + c^2 n \frac{\partial b_0^2}{\partial z}\right)\frac{G^2}{V}, \tag{7}$$

où $\vec{u}$ est le vecteur unité de composantes α, β, γ et où G est l'abréviation

$$G^2 = a^2 \alpha l + b^2 \beta m + c^2 \gamma n. \tag{8}$$

V et G sont d'ailleurs liés par la relation [3]

$$V^4 + G^4 = a^4 l^2 + b^4 m^2 + c^4 n^2. \tag{9}$$

Nous pouvons définir une direction par le vecteur unité $\vec{R}$ de composantes

$$\lambda = \frac{l a^2 G^2 - \alpha(V^4 + G^4)}{U}, \quad \ldots, \tag{10}$$

avec

$$U = \sqrt{[l a^2 G^2 - \alpha(V^4 + G^4)]^2 + [m b^2 G^2 - \beta(V^4 + G^4)]^2 + [n c^2 G^2 - \gamma(V^4 + G^4)]^2}, \tag{11}$$

et l'on vérifie aisément que

$$U^2 = V^4(V^4 + G^4). \tag{12}$$

L'équation (7) se ramène alors sans peine à

$$\frac{\partial}{\partial t}(b_0^2 V^2) + \operatorname{div}\left[\frac{U}{V} b_0^2 . \vec{R}\right] = 0. \tag{13}$$

Or il est aisé de voir que la densité ρ de l'énergie dans l'onde électromagnétique considérée est proportionnelle à b_0^2, ce qui permet d'écrire (13) sous la forme

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}\left[\frac{U}{V^3}\rho . \vec{R}\right] = 0. \tag{14}$$

Cette relation exprime la conservation de l'énergie, car si l'énergie électromagnétique se déplace dans la direction $\vec{R}$ avec la vitesse $v = U/V^3$, (14) prend la forme de l'équation classique de continuité $(\partial\rho/\partial t) + \operatorname{div}(\rho\vec{v}) = 0$. On peut donc considérer l'énergie lumineuse comme se propageant dans la direction de

---

[2] *Loc. cit.*, p. 76, éq. (18′).
[3] *Loc. cit.*, éq. (42).

cosinus directeurs λ, μ, ν, avec la vitesse v telle que

$$v^2 V^2 = \frac{U^2}{V^4} = V^4 + G^4. \tag{15}$$

On retrouve ainsi la valeur connue de la vitesse radiale ([4]) sans avoir fait intervenir explicitement le vecteur de Poynting, ni l'enveloppe des plans d'ondes.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Institut Océanographique de l'Indochine. 5e Mémoire. *La Pêche dans les eaux douces du Cambodge* par P. Chevey et F. Le Poulain.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Procédé de mesure des faibles courants photoélectriques.* Note de M. **Jean Baurand**.

La mesure des faibles courants photoélectriques utilise aujourd'hui fréquemment une lampe électromètre associée à une cellule, lampe qui permet d'introduire sur sa grille une résistance élevée. La tension créée par le courant de la lampe sur la résistance de charge est compensée par une batterie auxiliaire et le galvanomètre mesure les variations de cette tension. La baisse de tension des batteries, en particulier de celle de chauffage, introduit une dérive que de nombreux montages peuvent diminuer ([1]).

Pour supprimer cette dérive, on peut remplacer le système à compensation par un montage dans lequel le galvanomètre est utilisé en balistique; l'impulsion de tension sur la grille est transmise au balistique par l'intermédiaire, soit d'un transformateur ([2]), soit d'un condensateur ([3]).

Dans ce dernier cas, le condensateur de forte capacité est en série avec le balistique, l'ensemble en dérivation sur la résistance de charge de la lampe. En première approximation, le rapport de l'élongation maximum du balistique shunté par sa résistance critique, à la déviation du même galvanomètre compensé, sous l'action d'une même impulsion sur la grille, est proportionnel à la capacité du condensateur et à la résistance équivalente à l'ensemble lampe résistance de charge, inversement proportionnel à la période propre du galva-

([4]) *Loc. cit.*, formules (40) et (49).

([1]) Gillod, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1081; E. Cotton, *Journ. de Phys.*, 8, 1941, p. 79.

([2]) Bruhat et Guinier, *Revue d'Optique*, 12, 1933, p. 396.

([3]) Blanc-Lapierre, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 660.

nomètre. On ne peut pas choisir un galvanomètre de courte période, la constante de temps du circuit devant rester petite devant la période; les capacités de plusieurs dizaines de microfarads ne sont pas facilement réalisables, si l'on veut conserver au condensateur certaines qualités, en particulier son isolement; quant à la résistance équivalente, elle est pratiquement fixée par la lampe. Il en résulte que la sensibilité du montage balistique est inférieure à celle du montage à compensation. Dans un montage réalisé avec une lampe électromètre Mazda $\rho = 36\,000^{\omega}$, $R = 10\,000^{\omega}$, un condensateur de $100^{\mu F}$ et un balistique de période 12 secondes, le rapport précédent calculé est 0,165; l'expérience donne, pour une tension de grille d'environ $800^{\mu V}$, une élongation maximum du balistique shunté de $4^{mm},5$ et une déviation en système compensé de $35^{mm},5$, soit un rapport d'environ 0,125 : le montage balistique divise la sensibilité du montage compensé par 8.

On peut se rapprocher de la sensibilité primitive en appliquant au galvanomètre non shunté, non pas une impulsion unique, mais des impulsions répétées à chaque passage du galvanomètre à sa position d'équilibre. Le gain ainsi réalisé est d'autant plus grand que l'amortissement des oscillations du galvanomètre est petit. Cet amortissement augmente avec la capacité du condensateur. (L'étude du mouvement du galvanomètre sur grosse capacité sera publiée ailleurs.) La production des impulsions répétées a été réalisée soit à l'aide d'une horloge dont le rouage comporte une roue à cames, soit à l'aide d'un multivibrateur actionnant un relais Baudot. L'expérience ainsi montée a donné, pour une tension-grille identique à la précédente, une double élongation de 56^{mm} avec une incertitude de 3^{mm}, le résultat étant obtenu après six oscillations du galvanomètre, soit en deux minutes. On s'est donc rapproché beaucoup de la sensibilité du système compensé, et la limite inférieure des tensions-grille mesurable redevient quelques dizaines de microvolts.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Séparation des liquides volatils par adsorption sélective.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Bernard Amphoux**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a semblé intéressant d'appliquer à la séparation des liquides volatils la méthode d'adsorption sélective qui a été employée avec succès dans le cas des gaz ([1]). Nous décrirons ici les résultats obtenus avec les mélanges d'eau et d'alcool éthylique, l'un de nous devant ultérieurement communiquer des recherches relatives à d'autres systèmes.

Nous partions de 500^{cm^3} d'une solution alcoolique de titre connu, et nous en

---

([1]) Voir en particulier Dewar, *Proc. Roy. Soc.*, **74**, 1904, pp. 122 et 127; *Ann. Chim. et Phys.*, **3**, **5** et **12**, 1904; G. Claude, *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 624.

distillions 50^{cm^3} en opérant tout d'abord à la température de 25° sous le vide de la trompe à eau. La vapeur passait sur une colonne horizontale de charbon actif ([2]), puis était condensée par un mélange réfrigérant en un liquide que nous désignerons par la lettre A. On obtenait, d'autre part, un liquide B en désorbant par chauffage dans le vide le liquide fixé par le charbon. Nous indiquons dans le tableau ci-dessous pour chaque composition (en degrés Gay-Lussac) du mélange primitif, le titre des liquides A et B, ainsi que la composition moyenne de la vapeur émise par le mélange primitif ([3]).

Degrés du liquide			Degrés de vapeur émise par le mélange primitif.
primitif.	A.	B.	
12,6	22	49,8	44,5
20	41	70	64
21,3	44,3	73,3	67,5
24,3	48,4	76,4	70
28,3	48,8	83	73
35,7	(?)	89,5	77,5
37,4	54,3	89,8	78
44,9	58	91	81,5
62,1	66,6	92,7	85
95,6	92,9	97,8	96,1

Il apparaît que le liquide condensé est appauvri et le désorbat nettement enrichi en alcool par rapport à la vapeur émise. La chose est plus nette encore si l'on opère à la pression ordinaire ([4]). Dans ce cas en effet, en partant d'une liqueur voisine de l'azéotrope (à 95°,9 exactement), on recueille par désorption un alcool à 98°,4. On pense tout d'abord à interpréter ces résultats en supposant que l'alcool est plus adsorbable que l'eau. Mais cette explication est en contradiction avec la règle d'après laquelle le coefficient d'adsorption d'un fluide est d'autant plus grand que ce fluide est moins volatil. On peut alors supposer que l'appauvrissement du distillat est dû à une vitesse de fixation de l'alcool supérieure à celle de l'eau. Ceci nous a conduits à procéder aux essais suivants :

1° Nous disposions dans un appareil de forme appropriée 30^g de charbon actif. Nous faisions le vide, puis nous introduisions dans l'appareil 100^{cm^3} d'alcool. Le tout était abandonné pendant trois semaines dans un thermostat

---

([2]) On utilisait dans ces expériences 64^g de charbon de coco activé à 900° par la vapeur d'eau enfermée dans un tube de 62^{cm} de long et 17^{cm} de diamètre.

([3]) Valeurs moyennes calculées d'après les chiffres de Dobson (*J. Chem. Soc.*, **127**, 1925, p. 2832).

([4]) En ayant soin de chauffer la colonne de charbon pour éviter les condensations.

à 25°. Les chiffres portés dans le tableau ci-dessous montrent qu'ici le titre du désorbat est inférieur au titre de la vapeur émise par le mélange primitif.

Degrés du liquide primitif...........	27	33,1	34,3	48,1	59,9	88,9
» du désorbat.................	64	64,4	68,2	78,9	82	90,7
» de la vapeur moyenne émise..	72,7	78	79	84	86	93

2° Dans un ballon nous disposions 500$^{cm^3}$ d'alcool à 32°,2; nous maintenions le tout à la température de 25°, puis faisions passer avec une vitesse variable un courant d'azote desséché; nous vaporisions toujours, pendant un temps progressivement croissant, 25$^{cm^3}$ de liquide. La vapeur ainsi produite passait sur une colonne de charbon identique à celle qui était utilisée dans les premières expériences. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Temps-heure pour le passage de 25$^{cm^3}$ d'alcool...	0.	1.	1,75.	2,5.	3,3.	4,75.
Degrés des distillat......................	40,8	57	62,3	67,4	71,8	71,1
» du désorbat......................	85,8	83,2	80,1	-	80	78,2

La vapeur émise par le mélange primitif titrait 76°,7. Il apparaît ici que l'enrichissement du désorbat est d'autant plus réduit que la vitesse de circulation est plus faible. Les compositions tendant à se rapprocher quand la vitesse diminue.

Ces résultats semblent bien confirmer l'influence prépondérante des différences dans la vitesse de fixation des constituants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilité du cycle lactonique des β-campholides substituées.* Note de M. **Jean Vène**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les β-campholides substituées (I) présentent un cycle lactonique susceptible de s'ouvrir sous l'action de la soude pour donner les sels des acides β-hydroxycampholiques substitués (II). Nous avons montré antérieurement [1] que le cycle lactonique des β-campholides alcoylées ou arylées ($A = C^nH^{2n+1}$, C^6H^5 ou $CH^2.C^6H^5$) s'ouvre moins rapidement que celui de

$C^8H^{14}\langle{}^{CO}_{CH-A}\rangle O$ (I) $C^8H^{14}\langle{}^{COOH}_{CHOH-A}$ (II) $C^8H^{14}\langle{}^{CO}_{CH^2}\rangle O$ (III) $C^8H^{14}\langle{}^{COOH}_{CH^2OH}$ (IV)

la β-campholide non substituée (III), et qu'inversement la vitesse de lactonisation des acides β-hydroxycampholiques β-alcoylés ou β-arylés (II) ($A = C^nH^{2n+1}$, C^6H^5 ou $CH^2.C^6H^5$) est beaucoup plus faible que celle de l'acide β-hydroxycampholique non substitué (IV).

(1) J. Vène, *Ann. Chim.*, 11e série, 10, 1938, pp. 194-279.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'influence de la nature du groupement substituant A sur la vitesse d'ouverture ou de fermeture de ces cycles; nos expériences ont porté sur les groupements substituants suivants : CH^3, C^2H^5, COOH, $CONH^2$, CN, CH^2.COOH, $CH(CH^3)COOH$ (²).

Dans une première série d'expériences, faites en utilisant une technique antérieurement décrite (¹), nous avons opéré à la température de 48° en solution aqueuse; les courbes ci-dessous donnent les pourcentages de campholide transformée en fonction du temps (*fig.* 1). On voit que le cycle de la

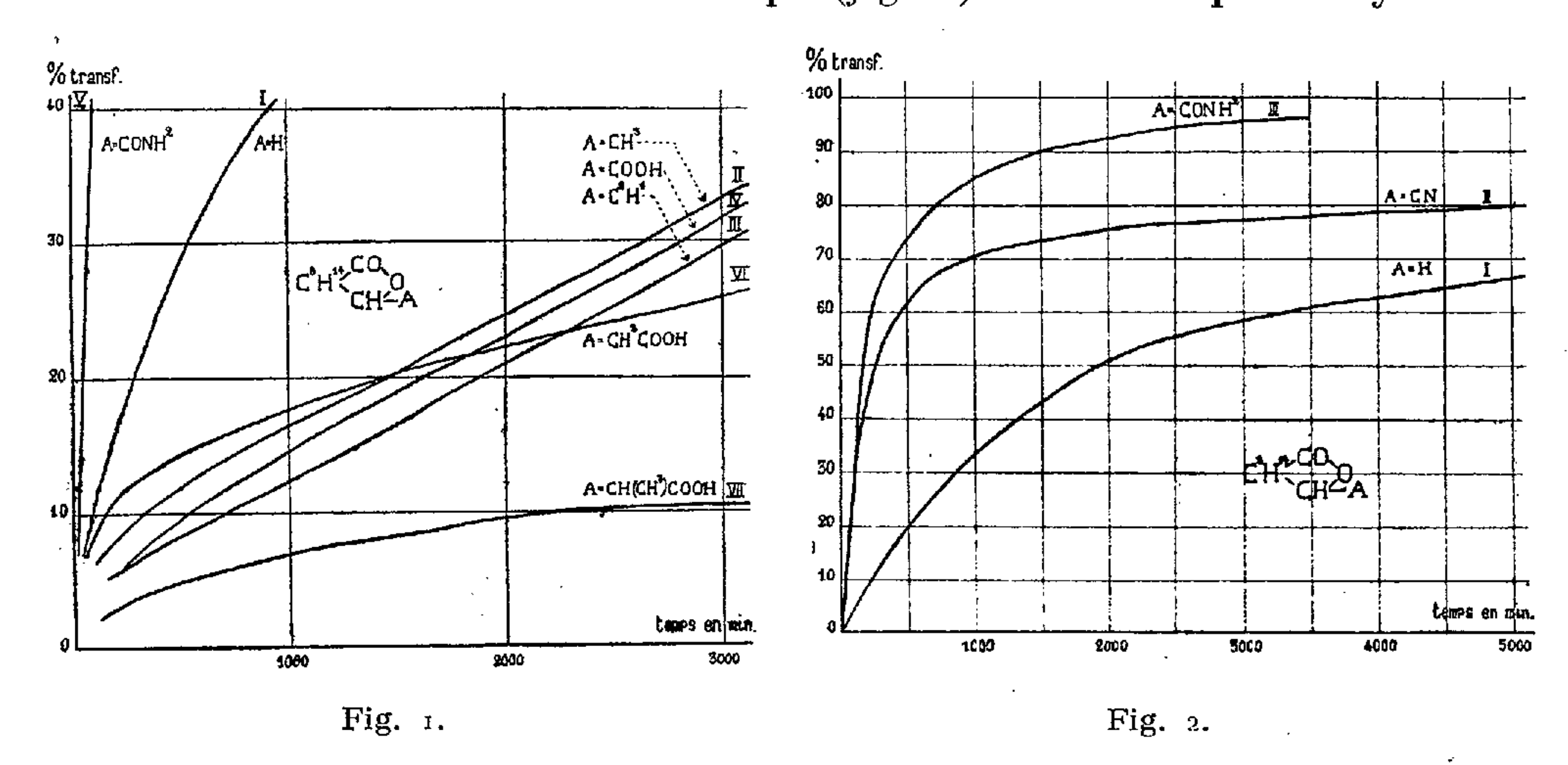


Fig. 1. Fig. 2.

β-carboxamide β-campholide (A = $CONH^2$, courbe V) s'ouvre beaucoup plus rapidement que celui des autres; fait assez remarquable, sa vitesse d'ouverture est même nettement supérieure à celle du cycle de la β-campholide non substituée. On voit, d'autre part, que la substitution du groupement carboxyle (*fig.* 1, courbe IV) confère au cycle lactonique une stabilité tout à fait comparable à celle des cycles substitués par un radical alcoyle (*fig.* 1, courbes II et III). La stabilité des cycles substitués par R.COOH ($R = C^nH^{2n}$) est encore plus grande (*fig.* 1, courbes VI et VII) et le cycle le plus stable est celui où n est le plus grand.

La loi des réactions du second ordre s'applique à l'ouverture des cycles des β-campholides alcoylées ou arylées; elle ne s'applique pas, par contre, aux β-campholides substituées par un autre groupement.

Une seconde série d'expériences, faites en solution hydroalcoolique à faible teneur en alcool éthylique, a montré que la présence de l'alcool n'avait que peu d'influence sur la vitesse d'ouverture du cycle des différentes campholides; elle a, en outre, montré que le cycle de la β-cyanocampholide (A = CN)

(²) Pour la préparation des corps correspondants, cf. J. Vène, *loc. cit.*; F. Salmon-Legagneur et J. Vène, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 7, 1940, p. 368; F. Salmon-Legagneur, *ibid.*, 4ᵉ série, 51, 1932, p. 817.

s'ouvre moins rapidement que celui de la β-carboxamide β-campholide (A = $CONH^2$), mais plus rapidement que celui de la β-campholide non substituée (*fig.* 2).

Ainsi les groupements substituants peuvent être rangés de la façon suivante, par ordre de stabilité croissante des cycles lactoniques qui les portent : $CONH^2$, CN, C^nH^{2n+1} et COOH, CH^2.COOH, $CH(CH^3)COOH$.

Inversement, l'obtention à l'état cristallisé et pur de certains des acides-alcools correspondant à ces différentes β-campholides nous a permis d'étudier, dans une troisième série d'expériences, la vitesse de lactonisation de ces acides-alcools

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}COOH\\ CHOH-A\end{matrix}\right. \rightarrow OH^2 + C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CO\\ CH-A\end{matrix}\right\rangle O$$

[A pouvant être : CH^3, C^2H^5, $CONH^2$, COOH, $CH(CH^3)COOH$]; nous avons opéré en solution aqueuse, à une température voisine de 100°, suivant une technique précédemment décrite ([1]).

Dans ces conditions, 1° en l'absence de catalyseur, la cyclisation est très lente pour A = CH^3 ou C^2H^5 (au bout de 30 heures, par exemple, 2 à 3 % seulement de l'acide-alcool de départ s'est lactonisé); elle ne se produit pas du tout pour A = $CONH^2$, COOH ou $CH(CH^3)COOH$;

2° en présence d'ions H catalyseurs (5^{cm^3} SO^4H^2 N/10 pour un volume total de 100^{cm^3}), pour A = CH^3 ou C^2H^5, la lactonisation porte, au bout de 30 heures, sur 80 % environ du produit de départ; pour A = $CH(CH^3)COOH$, sur 30 % environ, tandis qu'elle ne s'effectue pratiquement pas pour A = $CONH^2$ ou COOH.

Le détail des résultats obtenus au cours de ces différentes séries d'expériences sera publié ailleurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques composés méthylcyclopentaniques actifs.* Note de MM. **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos recherches sur la stéréochimie des composés méthylcyclopentaniques et méthylcyclohexaniques actifs présentant un radical monocarboné ([1]), nous décrivons quelques nouveaux dérivés du cycle C_5.

I. Les *méthyl-3 méthylol-1 cyclopentanes actifs*, désignés par les lettres A et B par suite de notre ignorance sur leur constitution spatiale, obtenus par réduction des méthyl-3 carboxyméthyle-1 cyclopentanes actifs correspondants, ont été à nouveau isolés en proportion beaucoup plus élevée par distillation fractionnée d'un mélange des deux alcools isomères. Ils présentent des

(1) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1500.

constantes presque identiques à celles déjà mentionnées : isomère A, $É_{761}$ 172°; $[\alpha]_{546}$ — 39°,03; isomère B, $É_{760}$ 172°,5; $[\alpha]_{546}$ — 4°,32.

II. L'action du pentachlorure ou du pentabromure de phosphore sur chacun de ces alcools donne naissance aux *dérivés halogénés* actifs :

		$É_{15}$.	d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{579}$.	$[\alpha]_{546}$.
Méthyl-3 chlorométhyl-1 cyclopentanes.	A...	55°	0,965	1,4556	—12°,65	—14°,51
	B...	56	0,964	1,4586	— 0,08	— 0,10
Méthyl-3 bromométhyl-1 cyclopentanes.	A...	70°	1,262	1,4822	—24°,18	—27°,38
	B...	72	1,250	1,4798	— 5,72	— 6,49

Le comportement de l'halogène vis-à-vis du magnésium en milieu éthéré aboutit à la formation presque exclusive de *bis*-(méthyl-3 cyclopentyl) éthanes et d'une faible proportion de diméthyl-1.3 cyclopentanes.

III. Le *méthyl*-3 *méthène*-1 *cyclopentane actif*, déjà préparé par d'autres voies par Zelinsky ([2]) et par Speransky ([3]), a été obtenu dans la déshydratation sulfurique des alcools : $É_{760}$ 100-101°; d_{25} 0,794; n_D^{25} 1,4396; R.M. 31,70 (calc. 31,80); $[\alpha]_{546}$ + 54°,72; $[\alpha]_{579}$ + 47°,86.

Cette déshydratation donne aussi un carbure moins volatil qui est un diméthyl-1.3 cyclopentène et non un méthylcyclohexène prenant naissance par extension de cycle selon Rosanow ([4]), puisque les isomères actifs de ce carbure, déjà isolés ([5]), sont nettement plus actifs.

IV. L'hydrogénation de ce carbure en présence de platine donne un mélange des deux *diméthyl*-1.3 *cyclopentanes* déjà obtenu en mélange par Zelinsky ([6]); ces composés ont été séparés par rectification très poussée :

	$É_{760}$.	d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.
cis...........	95°	0,759	1,4180	0	0
trans........	98	0,770	1,4204	—1°,20	—1°,06

La structure de ces corps est facilement établie puisque le *cis* est inactif par symétrie intramoléculaire. Cette étude est comparable à celle effectuée sur les diméthyl-1.3 cyclohexanes ([7]).

V. Le *méthyl*-3 (*époxy*-1.1$_4$.*méthyl*)-1 *cyclopentane* actif résulte de l'action, soit de l'acide perbenzoïque sur le méthyl-3 méthène-1 cyclopentane, soit de la potasse sur la chlorhydrine ($É_{16}$ 87°; d_{25} 1,075). Il présente les constantes suivantes : $É_{760}$ 136°; d_{25} 0,915; n_D^{25} 1,4379; R. M. 32,10 (calc. 32,81); $[\alpha]_{546}$ + 15°,25; $[\alpha]_{579}$ + 13°,40.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **34**, 1901, p. 3950; **35**, 1902, p. 2492.
([3]) *Journ. Soc. Phys. chim. R.*, **33**, 1900, p. 626.
([4]) *Journ. Soc. Phys. chim. R.*, **47**, 1915, p. 607.
([5]) GODCHOT, MOUSSERON et GRANGER, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 480.
([6]) *Journ. Soc. Phys. chim. R.*, **34**, 1902, p. 245.
([7]) MOUSSERON et GRANGER, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 366.

Chauffé vers 130°, il s'isomérise intégralement en un mélange de méthyl-3 méthylal-1 cyclopentanes renfermant surtout l'un des isomères déjà signalé (semicarbazone F 131-132°).

Par action de l'ammoniaque, il donne naissance à un amino-alcool $É_{15}$ 112°; $[\alpha]_{546}$ — 8°,20; $[\alpha]_{579}$ — 7°,46 (eau, *c* 7 %) qui paraît être le méthyl-3 amino-1 méthylol-1 cyclopentane, la désamination nitreuse conduisant au méthyl-3 méthylal-1 cyclopentane.

CH—CH³ / NH² OH / C—CH² → CH—CH³ / CH—C(=O)H

Au contraire, la désamination de l'aminométhyl-1 cyclohexanol mène à la cycloheptanone ([8]).

LITHOLOGIE. — *Sur quelques roches du Demavend (Perse).*
Note de Mme **Élisabeth Jérémine**.

Dans la chaîne montagneuse d'Elbourz s'élève le volcan récent, le Demavend, dont le sommet qui atteint 5860m, couvert de neige hiver comme été, fume toujours. En 1877, E. Tietze ([1]) a fait son ascension sans pouvoir atteindre le sommet. Les roches qu'il a recueillies ont été décrites en 1880 par J. Blaas ([2]). Dans sa thèse, A. Rivière (1934) mentionne quelques roches provenant de sa base ([3]).

J. de Morgan ([4]) a récolté une collection des roches du Demavend, mais il ne les a pas décrites. L'objet de cette Note est la révision de quelques-unes de ses roches et surtout d'un type exceptionnel.

La description microscopique de Blaas est détaillée, mais n'est accompagnée d'aucune analyse chimique. Son étude le conduit à la conclusion que ce volcan est entièrement trachytique. Il base son opinion sur la présence constante et dominante de la sanidine dans toutes les roches étudiées. Pourtant dans les échantillons conservés dans la Collection pétrographique du Muséum, je n'ai rencontré que très rarement un feldspath alcalin (une anorthose). Ces laves sont porphyriques. Le plagioclase, prédominant parmi les phénocristaux, est zoné (30 % d'anorthite au centre, 25-15 % sur les bords), souvent corrodé.

([8]) Tiffeneau, Weill et Mlle Tchoubar, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 55.

([1]) *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, Wien.*, 1878, p. 169.

([2]) *Tscherm. min. u. petr. Mitt. N. F.*, III, 1881, p. 457.

([3]) *Revue Géogr. Phys. et Géol. dynam.*, Paris, v. VII, 1934, p. 171.

([4]) *Mission scientifique en Perse*, t. I, 1894, t. II, 1895 et t. III, 1905.

L'anorthose est rare, en cristaux atteignant au plus 4^{mm}. La biotite est très fréquente, d'un brun très foncé, biaxe, et le plan des axes optiques est parallèle à g^1. Les autres minéraux lourds sont l'augite (rarement avec tendance pigeonitique), l'hypersthène, la hornblende brune (corrodée sur les bords), rarement et en petite quantité l'olivine; ils se rencontrent parfois tous à la fois dans une même plaque, mais le plus souvent dans des combinaisons variées. Une particularité de ces laves est l'abondance de l'apatite, qui atteint parfois $4\text{-}5^{mm}$ de longueur; elle est riche en inclusions foncées opaques qui causent parfois un pseudopolychroïsme. Les phénocristaux sont entourés d'une pâte semivitreuse avec microlites de plagioclase, d'augite et de magnétite, accompagnés aussi quelquefois d'hématite : la tridymite est souvent abondante.

L'analyse chimique d'une des laves typiques montre qu'elle est calcoalcaline, assez riche en silice libre calculée et en alcalis; c'est une *latite*, c'est-à-dire un trachyte calcoalcalin à égalité de potasse et de soude et, dans le cas présent, sans feldspath potassique exprimé; la potasse se trouve dans la biotite qui est en outre assez riche en fer. A titre de comparaison, je cite une analyse d'une latite de Monac (Haute-Loire).

La composition des laves du Demavend paraît assez constante : de la base au sommet ce sont des latites ou des andésites passant aux trachytes et peut-être aux dacites (richesse en silice libre calculée).

Mais l'intérêt principal de cette Note est la description d'une roche provenant du sommet et d'une tout autre nature. Elle est grise, parsemée de taches noires. L'étude au microscope montre qu'elle est composée de microlites d'albite assez volumineux, disposés dans tous les sens. Ils sont enveloppés par des plages d'orthose et très souvent aussi par de l'ægyrine ou de la riebeckite; on voit dans les interstices un peu d'analcime. Sur ce fond feldspathique se détachent de grandes plages de néphéline. Il s'y ajoute des cristaux allongés d'un minéral incolore, biaxe, assez réfringent et biréfringent, ayant un petit angle d'extinction, le signe d'allongement négatif et le signe optique positif; le plan des axes est transversal et l'angle entre les deux axes moyen. Ces propriétés permettent de l'identifier à la *rinkite*, un titano-silicate cérifère de chaux et de soude, déjà décrit dans les syénites néphéliniques de Groenland, des îles de Los, à la presqu'île de Kola (Russie) et dans les tinguaites de la Serra de Tingua. Cette roche est une *microsyénite néphélinique* qui forme probablement un dyke. La présence de ce type hyperalcalin, à déficit de silice, fait contraste dans un milieu calcoalcalin, à excès de silice.

Voici les roches analysées par M. F. Raoult. 1. Latite à biotite et plagioclase Demavend (sommet). II.(4)5.2.3(4); 2. latite de Monac. (I) II.5.2'.3; 3. Microsyénite néphélinique du Demavend. I'.5(6).1.4.

	1.	2.	3.		1.	2.	3.
SiO^3.......	61,52	56,46	60,48	K^2O.......	4,09	5,07	4,93
Al^2O^3......	15,63	18,75	18,93	TiO^2.......	1,42	1,24	0,15
Fe^2O^3......	2,20	4,11	2,21	T^2O^5.......	0,46	0,39	tr.
FeO.......	2,99	0,99	2,46	H^2O^+......	0,67	1,75	1,49
MnO......	0,10	n. d.	0,16	H^2O^-......	tr.	1,24	tr.
MgO.......	1,98	1,63	0,09	Cl.........	–	–	0,09
CaO.......	4,50	4,38	1,06				
Na^2O......	4,42	4,04	8,11	Total...	99,98	100,05	100,16

GÉOLOGIE. — *Sur l'évolution chlorite → limonite dans les minerais de fer oolithique*. Note de M. **Antoine Bonte**, transmise par M. Lucien Cayeux.

La transformation progressive de la chlorite en limonite a été démontrée à maintes reprises par M. Cayeux à propos des minerais de fer oolithique primaires et secondaires. Dans son étude détaillée de la formation ferrugineuse de l'Aalénien de Lorraine, le même auteur a montré que l'évolution des éléments constitutifs des galets inclus dans le minerai était en retard par rapport à celle des oolithes de la gangue et, de ce fait quasi universel, il a déduit que l'évolution minéralogique, une fois interrompue par la sédimentation, était arrêtée de façon irrémédiable. Ceci autorisait à attribuer la transformation de la chlorite en limonite à une action bactérienne.

L'analyse minutieuse d'un horizon ferrugineux du Sinémurien inférieur de Laval-Morency (Ardennes), effectuée sur des préparations de grandes dimensions, me permet d'apporter quelques précisions sur le mécanisme de cette évolution.

Au-dessus des marnes et calcaires sableux à nodules phosphatés de la zone à *Arnioceras semicostatum*, une surface d'érosion, légèrement imprégnée de phosphate de chaux, est recouverte par un lit discontinu et irrégulier, épais de quelques centimètres, de minerai oolithique.

A la base les oolithes sont faites d'une chlorite en voie d'hématisation; très serrées, elles sont déformées par contact mutuel et cimentées par une chlorite amorphe, très fraîche, qui remplit les intervalles interoolithiques et les fissures provoquées au sein des oolithes par la déformation. La structure intime des éléments témoigne d'une complexité peu commune dans l'élaboration des grains ferrugineux.

Le minerai est surmonté par une marne sableuse qui contient encore de nombreuses oolithes. Celles-ci, malgré leurs formes arrondies, ont conservé des traces très nettes d'étirement. Elles sont, en outre, transformées presque complètement en limonite. La transformation s'effectuant progressivement de l'extérieur vers l'intérieur, on se trouve en présence d'un phénomène d'hématisation d'éléments originellement silicatés.

Le passage du minerai à la marne sableuse oolithique se fait de façon

irrégulière. On assiste en effet à la remise en mouvement, par des courants, des oolithes précédemment déposées, entraînées dans des tourbillons dont la disposition prouve, à l'évidence, qu'il s'agit bien de reprise et non de sédimentation. Au cours du démantèlement, les oolithes, qui dans la couche inférieure avaient contracté des adhérences au moment de leur déformation, sont étirées, souvent même de façon remarquable; les chapelets ainsi formés affectent les dispositions les plus capricieuses.

En même temps, on constate que les oolithes, primitivement chloriteuses et à peine limonitisées, se transforment de plus en plus profondément, à mesure qu'elles sont plus remaniées. Quant au ciment de chlorite repris avec les oolithes, il évolue également dans le sens chlorite → limonite.

Les enseignements qui se dégagent de ces observations sont nombreux :

1° Les phases élémentaires qu'on peut dénombrer dans la formation des oolithes ferrugineuses, phases qui ne se succèdent pas toujours dans le même ordre, impliquent une complexité d'origine sur laquelle il n'est pas inutile d'insister.

2° Après sédimentation, les oolithes de chlorite peuvent être déformées et contracter aux points de contact des adhérences plus ou moins accusées.

3° Les déformations, avec ou sans éclatement, qui affectent les oolithes chloriteuses sont dues à une plasticité remarquable des éléments ferrugineux, plasticité qui autorise la conception d'une origine colloïdale de la chlorite.

4° Au moment de la reprise, les adhérences contractées après sédimentation peuvent subsister; bien plus, la plasticité de la chlorite reste telle que la dislocation du lit ferrugineux entraîne un étirement souvent important, suivi ou non de rupture, des oolithes chloriteuses qui affectent une disposition en chapelet.

5° Si le milieu remaniant s'y prête, les oolithes se transforment progressivement de l'extérieur vers l'intérieur en limonite.

6° Les oolithes hématisées ont perdu leur plasticité et ne s'étirent plus. Il se produit alors des ruptures et la surface des éléments montre des traces évidentes d'usure. Les oolithes chloriteuses ne restent donc plastiques que dans la mesure où elles demeurent inaltérées.

En conclusion, l'évolution chlorite → limonite, interrompue par la sédimentation, peut reprendre, après remaniement, moyennant certaines conditions. Il faut que le milieu remaniant soit favorable à l'oxydation; il faut, en outre, et c'est là la condition essentielle, que la remise en mouvement assure la *libération individuelle* des oolithes. Il s'agit donc là d'une action de surface qui confirme l'origine colloïdale des dépôts chloriteux.

Dans un minerai qui renferme des éléments remaniés, les oolithes libres sont normalement plus évoluées que celles qui entrent dans la constitution des galets. Pour ces derniers, seule la surface a subi des phénomènes d'oxydation.

MYCOLOGIE. — *Mode de formation des ornementations sporales chez les* Ascobolus. Note de M[me] **Marcelle Le Gal**, transmise par M. Auguste Chevalier.

Chez deux espèces d'*Ascobolus*, étudiées surtout au moyen des colorants vitaux et aussi après fixation au Regaud et au Nawaschin, nous avons observé que les ornementations sporales se formaient par dépôt d'une substance verte, d'aspect plus ou moins cristalloïde, et que colore en outre superficiellement un pigment d'abord violet, puis brun. Cette substance verte et ce pigment violet sont d'origine vacuolaire. Ils apparaissent sur les spores sous forme de précipitations, et au contact de la matière périsporique dont chaque spore est enveloppée, le pigment violet associé diffiue à la fois sur la substance verte et dans la périspore. Mais l'ornementation sporale a un aspect un peu différent pour chacune de ces espèces, car son mode de formation, tout en suivant le même processus général, varie par certains détails particuliers.

Chez *Ascobolus carbonarius* Karst. le pigment violet se montre abondant. Avant la formation des spores, il apparaît déjà à l'intérieur de minuscules vacuoles situées dans le cytoplasme qui entoure les vacuoles aqueuses dont les thèques sont alors remplies. Il revêt l'aspect de très petites masses granuleuses, parfois allongées, lesquelles sont visibles dans l'eau et colorables au vert Janus. Toutefois, après que les spores ont acquis leur tunique propre, ces corpuscules violets apparaissent aussi dans les petites vacuoles de même type que les premières, mais visiblement pigmentées en vert, qui se développent depuis la base jusqu'au sommet des asques, entre de grosses vacuoles aqueuses, de taille irrégulière. En effet, chacune de ces petites vacuoles ponctiformes, ou atteignant plusieurs μ, contient une goutte de substance réfringente qui, vue dans l'eau à la lumière du jour, est verte, et autour de laquelle on peut apercevoir des corpuscules violets. Dans les colorants vitaux, les petites vacuoles pigmentées se teintent de rose groseille au rouge neutre et de bleu vert au bleu de crésyl.

C'est ce contenu vacuolaire à double pigment, dont la substance verte est encore ici à l'état dissous, qui, à un moment donné, se précipitera sur les spores. Avant cette précipitation, quand les spores sont encore lisses, on voit apparaître, autour de leur épispore épais et réfringent, une mince couche de matière périsporique. Cette matière, au contact des corpuscules pigmentaires, se teintera légèrement de violacé et les précipitations commenceront à se manifester. On voit les gouttes de substance verte, parsemées de granulations violettes, prendre de plus en plus un aspect cristalloïde en se déshydratant, et pénétrer dans la couche de matière périsporique qui les maintient assemblées, tandis que leur surface se colore d'un violet de plus en plus foncé virant au brun noir. Bientôt la spore se trouve couverte de grossières plaques entre lesquelles se dessine comme une réticulation moins colorée, correspondant à

la matière périsporique qu'on aperçoit entre les éléments ornementaux. Cette matière semble d'ailleurs recouvrir l'ornementation comme d'un enduit, plus nettement visible en coupe optique sur des éléments allongés et disposés en éventail, qu'on observe aux extrémités de certaines spores.

Chez *Ascobolus geophilus* Seaver, nous avons vu apparaître le pigment violet seulement après la formation des spores et dans les petites vacuoles de type particulier, comme de fines granulations autour de la substance ornementale verte réfringente. De plus la périspore, qui se forme autour des spores jeunes encore lisses, est plus nettement visible que chez *A. carbonarius*. Son contour extérieur ne semble pas seulement marquer la limite de la substance périsporique, mais prend l'aspect d'une pellicule membranaire. Les petites vacuoles pigmentaires qui se développent entre de grosses vacuoles aqueuses, suivant le même processus que précédemment, deviennent abondantes autour des spores. A leur contact, la périspore se teinte de violacé, tandis que leur contenu vert réfringent filtre au travers de la pellicule membranaire périsporique et se dépose sur la spore sous forme de grosses gouttes. Ces gouttes se colorent en violet de plus en plus foncé par suite de la dissolution du pigment qu'elles portaient à leur surface; puis elles s'étalent ou se fusionnent plus ou moins, tandis que la pellicule membranaire, très plastique, se soulève et se moule sur leur relief, canalisant ainsi, dans ses plis, leur étalement. Enfin la substance ornementale paraît se solidifier : elle s'affaisse, son contour tend à devenir plus anguleux. Elle prend définitivement l'aspect de croûtes allongées plus ou moins épaisses, brun foncé, et l'intervalle compris entre ces éléments dessine en creux comme une fine réticulation à peine colorée.

La séance est levée à 15^h35^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 18 AOUT 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

RAOUL ESTRIPEAUT. *Considération sur la métamorphose morphologique et physiologique de la cellule humaine.* Préface de M. le Professeur A. BOUTARIC.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Traction électrique automatique et équations de relaxation.* Note (1) de M. **HIPPOLYTE PARODI**, présentée par M. Albert Caquot.

Les équations de la traction s'écrivent sous la forme

$$m\frac{d^2s}{dt^2}=\varphi_1(v)-\varphi_2(v)-\varphi_3(s),$$

en appelant $\varphi_2(v)$ la résistance à l'avancement, $\varphi_3(s)$ les efforts positifs ou négatifs dus aux rampes, courbes ou pentes, $\varphi_1(v)$ l'effort moteur.

En fait $\varphi_1(v)$ est une fonction de l'espace et de la vitesse, puisque le mécanicien règle l'effort de traction par l'intermédiaire du *contrôleur* de marche, suivant les ordres qui lui sont donnés par les signaux de toutes natures, disposés le long de la voie, compte tenu de la vitesse du train.

Depuis quarante ans, nous avons mis cette équation, en vue de sa résolution graphique, sous la forme maintenant classique (2)

$$v\frac{dv}{ds}=\gamma_1(v, s)+\gamma_2(s).$$

Les équations de relaxation ne sont donc qu'un cas particulier des équations

---

(1) Séance du 20 juillet 1942.

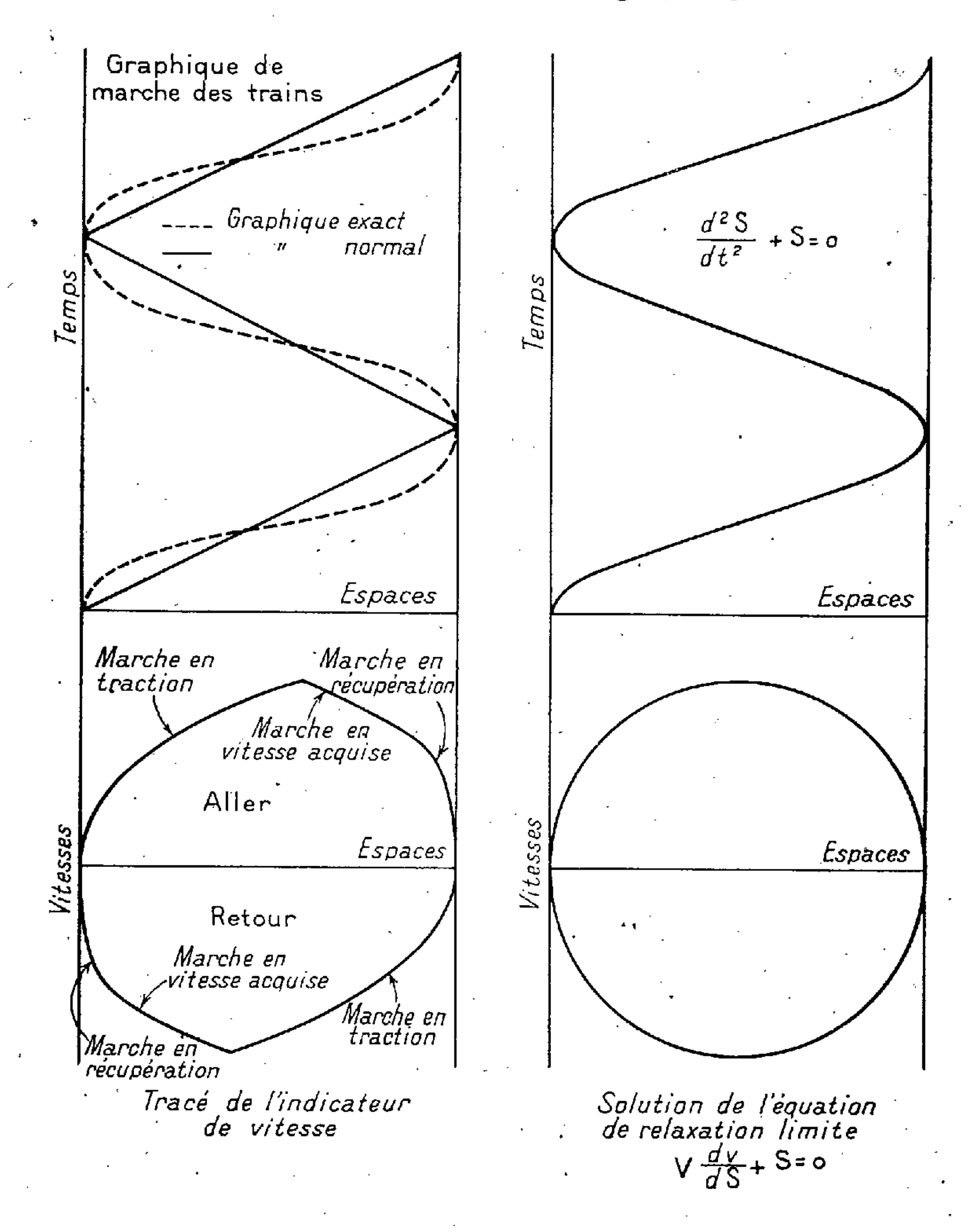
(2) *Bull. Soc. Internationale des Électriciens*, 9, 1909, p. 151; et *Note intérieure Cie P.-O. Électrification Paris-Juvisy*, 1902-1904.

de la traction électrique dans lequel $\gamma_1(v, s)$ serait mis sous la forme $vf(s)$ et $\gamma_2(s)$ sous la forme ks.

Au point de vue physique, ce cas particulier est celui de la traction électrique automatique, réalisée :

1° sur une ligne à profil parabolique;

2° avec une locomotive pouvant marcher en traction ou en récupération suivant la section, l'effort de traction étant réglé, *en fonction de l'espace*, par



Tracé de l'indicateur de vitesse

Solution de l'équation de relaxation limite $V\frac{dv}{dS} + S = 0$

un groupe métadyne, par exemple, dont le variateur serait commandé par une transmission mécanique entraînée par un des essieux, *en fonction de la vitesse*, par une dynamo excitatrice, à champ constant, entraînée par un essieu; cette excitatrice alimenterait les enroulements inducteurs de moteurs de traction peu saturés. Si la ligne a un profil parabolique, on a, en appelant i la déclivité,

$$dx = ds\cos i, \qquad \tang i = \frac{dy}{dx}, \qquad y = K's^2,$$

d'où

$$m\gamma_2(s) = mg\sin i = m\text{KS}.$$

Si la locomotive est alimentée par une ligne de contact à tension constante, le réglage du variateur de la métadyne permettra de faire varier le courant I, en fonction de s, suivant une loi quelconque; le mode d'excitation adopté pour les moteurs de traction permettra, d'autre part, de faire varier le courant d'excitation des moteurs, et par suite le flux Φ, proportionnellement à la vitesse. L'effort moteur sera donc bien de la forme $\lambda\Phi\text{I} = vf(s)$.

En donnant à la vitesse des valeurs positives pour le parcours aller et négatives pour le parcours retour, on trouve que la représentation du *mouvement*, normalement employée dans les réseaux de chemin de fer, se confond avec celle des solutions des équations de relaxation; le diagramme espaces-vitesses est un cycle de la solution de l'équation de relaxation, et le graphique de la marche des trains est une forme simplifiée ou non (suivant que l'on tient compte ou non de la signalisation) des courbes espaces-temps solutions de l'équation primitive dont dérive l'équation de relaxation.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur un mode de calcul de la distribution optima de circulation des hélices bipales.* Note de M. **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Joseph Pérès.

Expression des vitesses induites. — Soit une bipale de rayon R, de rotation ω, de vitesse V. Les filets tourbillonnaires émis par le bord de fuite des pales suivent des hélices de pas égal à l'avance par tour [1]; on peut d'ailleurs tenir compte des valeurs expérimentales de ce pas [2] qui en sont peu différentes. Les intégrales exprimant les vitesses induites à l'abscisse x du bord de fuite par un tube d'intensité I émis à l'abscisse r, présentent pour $x = r$ des singularités polaires et logarithmiques. La vitesse induite longitudinale a pour partie principale

$$\delta\text{V}_z = \frac{\text{I}}{2\pi}\left[\frac{r}{\mu(r-x)} - \frac{rx}{2\mu^3}\log\left|\frac{r-x}{\mu}\right| + \ldots\right],$$

où $\mu^2 = x^2 + \text{V}^2/\omega^2$).

La vitesse tangentielle a une expression semblable, la vitesse radiale reste continue pour $x = r$.

Dans les deux approximations suivantes :

les vitesses induites sont confondues avec leurs parties principales;

le coefficient μ est remplacé par sa valeur moyenne $\text{R}\lambda_1$ le long de la pale,

---

(1) J. Valensi, *Écoulement de l'air autour d'une hélice*, 1935, p. 193.

(2) J. Valensi, *ibid.*, p. 161.

λ_1 étant une valeur fictive du fonctionnement $\lambda = V/\omega R$,

$$\lambda_1 = \lambda^2 \log \frac{1+\sqrt{1+\lambda^2}}{\lambda} + \sqrt{1+\lambda^2},$$

on obtient pour la bipale l'expression de la vitesse induite longitudinale totale

$$v = \frac{1}{\pi\mu}\int_0^R \frac{r^2 I\, dr}{r^2 - x^2} - \frac{x}{2\pi\mu^2}\int_0^R I r \log\left|\frac{r-x}{r+x}\right| dr,$$

et la relation avec la vitesse induite tangentielle

$$\frac{u}{v} = -\frac{V}{\omega x},$$

de sorte que la vitesse induite est normale à la vitesse relative initiale (³).

Circulation optima. — $\Gamma(x)$ désignant la circulation autour de la pale, l'énergie dissipée

$$E = \rho \int_0^R (\omega v x - u V)\Gamma(x)\, dx$$

pour une traction

$$T = \rho \int_0^R (\omega x + u)\Gamma\, dx$$

sera minima lorsque

$$\frac{\omega v x - u V}{\omega x + u} = \alpha \qquad (\alpha = \text{const.}),$$

ce qui donne comme distribution optima des vitesses induites

$$u = \alpha \frac{V\omega x}{\omega^2 x^2 + V^2}.$$

La valeur correspondante de la circulation est, à un multiplicateur arbitraire près, la solution de l'équation

$$(\text{A}) \qquad \frac{x}{x^2+\lambda^2} = \int_0^1 I(t)\, t \log\left|\frac{t-x}{t+x}\right| dt - 2x\lambda_1^2 \int_0^1 \frac{I(t)\, dt}{t^2 - x^2}, \qquad I = -\frac{1}{2}\frac{d\Gamma}{dx}.$$

Considérons la fonction de la variable complexe z

$$F(z) = \frac{1}{\pi}\int_0^1 I(t)\, t \log \frac{z-t}{z+t}\, dt;$$

sa partie imaginaire ψ prend sur la coupure $(-1, +1)$ les valeurs $\int_x^1 I(t)\, t\, dt$, et sa partie réelle Φ y vérifie

$$\frac{x^2}{x^2+\lambda^2} = x\Phi + \lambda_1^2 \frac{\partial\Phi}{\partial x}.$$

(³) La théorie de Prandtl donne l'orthogonalité à la vitesse relative résultante. (A. Toussaint, *Théorie et calcul des hélices d'aviation et des hélices ventilateurs*, 1938.)

On a

$$\frac{\partial\Psi}{\partial y}=\frac{\partial\Phi}{\partial x}=\frac{e^{-\frac{x^2}{2\lambda_1^2}}}{\lambda_1^2}\left[\frac{x^2 e^{\frac{x^2}{2\lambda_1^2}}}{x^2+\lambda^2}-\frac{x}{\lambda_1^2}\int_0^x\frac{x^2 e^{\frac{x^2}{2\lambda_1^2}}}{x^2+\lambda^2}dx\right].$$

L'intégration de l'équation (A) se ramène donc à un problème de Dirichlet pour Φ, la transformation $2z=Z+1/Z$ plaçant le problème dans le plan du cercle $Z=e^{i\sigma}$, et l'analyse harmonique

$$\sin\sigma\frac{\partial\Psi}{\partial y}=\sum\alpha_{2p+1}\sin(2p+1)\sigma$$

donnant pour la circulation

$$\Gamma(x)=\int_0^x\frac{\partial\psi}{\partial x}\frac{dx}{x}=\int_0^\sigma\sum\alpha_{2p+1}\cos(2p+1)\sigma\frac{d\sigma}{\cos\sigma}.$$

Le calcul, effectué pour les valeurs usuelles de λ, donne des résultats qui sont en bon accord avec la théorie complète de Goldstein ([4]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'édification d'une géométrie ondulatoire.* Note de M. **Jean Roubaud-Valette**.

Nous avons vu ([1]) que la mécanique relativiste à cinq dimensions donne pour une masse chargée dans un champ électromagnétique et gravitationnel l'équation différentielle

$$\frac{ds}{\mu_0 c}=\frac{dx^i}{P_i-\frac{eA_i}{c}}=\frac{cdt}{\frac{W}{c}-\frac{eV}{c}}=\frac{du}{P_u-\Phi}\qquad(i=1,2,3);$$

A est le potentiel vecteur, V le potentiel scalaire et Φ, supposé fonction de x, y, z, seulement, peut être regardé comme le potentiel de gravitation. Or $ds^2=\Sigma(dx^i)^2-cdt^2+du^2=d\sigma^2+du^2$.

Évaluons l'intégrale

$$=\int\mu_0 c\,ds+\sum\frac{eA_i}{c}dx^i-\frac{eV}{c}cdt+\Phi\,du\equiv\int\sum P_i dx^i-\frac{W}{c}dct+P_u du.$$

Écrivons que la variation A est nulle; nous obtenons

$$\frac{d}{cdt}\left(\mu_0\frac{du}{ds}\right)=\frac{d}{cdt}m_0=0\qquad\text{et}\qquad\frac{d}{ds}\left(\mu_0\frac{dx^i}{ds}\right)=\frac{dx^k}{ds}\left(\frac{\partial\lambda_k}{\partial x^i}-\frac{\partial\lambda_i}{\partial x^k}\right),$$

([4]) *Proceedings of the Royal Society of London*, **123**, 1929, p. 440.

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1938, p. 1556.

où $\lambda_k = -eA/c$, $\lambda_5 = -\Phi$; cette dernière équation s'écrit

$$\frac{d\sigma}{ds}\frac{d}{d\sigma}\left(\mu_0\frac{d\sigma}{ds}\frac{dx^i}{d\sigma}\right)=\frac{d\sigma}{ds}\frac{dx^k}{d\sigma}\left(\frac{\partial\lambda_k}{\partial x^i}-\frac{\partial\lambda_i}{\partial x^k}\right); \quad \text{or} \quad \mu_0\frac{d\sigma}{ds}=\sqrt{m_0^2-\mu_0^2}\neq m_0,$$

car μ_0 est négligeable devant m_0; on retrouve les équations qui expriment le mouvement d'une masse chargée dans les champs. Écrire que la variation de la première intégrale A, que nous venons d'effectuer, est nulle, revient à écrire que la variation de la seconde intégrale est également nulle; or ce calcul est celui qui donne l'équation d'une géodésique dans un espace de Finsler où le ds est donné par la loi linéaire $\mu_0 c\,ds = \Sigma\, P_i dx^i - (W/c)\,c\,dt + P_u du$; les coefficients des différentielles devant être homogènes de degré o en dx, ce qui donne un ds formé de termes homogènes de degré 1 en dx. La relativité fournit un cas particulier en imposant

$$p_i = \mu_0 c\frac{dx^i}{\sqrt{c\,dt^2 - dx^{i2} - du^2}}.$$

Soit L la forme linéaire $\mu_0 c\,ds$, nous pouvons la transformer en opérateur par le procédé suivant : on calcule les moments par $\partial L/\partial(dx^i) = P_i$, et l'on fait ensuite la transformation $P_i \to (-h/2\pi i)(\partial/\partial x^i)$. Dans le cas de la relativité restreinte, on a

$$\mu_0 c\,ds\,\psi = \sum\left(\frac{-h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x^k}-\frac{eA_k}{c}\right)dx^k\,\psi \quad \text{ou} \quad \mu_0 c\,\psi = \sum\left(\frac{-h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x^k}-\frac{eA}{c}\right)\frac{dx^k}{ds}\psi.$$

Nous voyons que pour passer à une équation de la mécanique ondulatoire, il faut établir une correspondance entre dx^k/ds et un nombre hypercomplexe γ_k qui sera l'opérateur vitesse. L'opérateur de M. Dirac s'obtient en divisant par $c\,dt$ au lieu de ds; on a $\alpha_1 \simeq dx^1/c\,dt$, $\ldots$, $\alpha_4 \simeq \sqrt{1-\beta^2}$.

Il est possible de passer d'une équation du second ordre (type Gordon) et d'une fonction d'onde scalaire Φ, à un groupe d'équations du premier ordre du type Dirac. Supposons, pour simplifier, l'absence de champs; on a $(W^2/c^2) - P_x^2 - P_y^2 - P_z^2 - m_0^2 c^2 = 0$; prenons u conjugué de $m_0 c$, et passons aux opérateurs de Schrœdinger

$$P_x = \frac{-h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x}, \qquad P_u = \frac{-h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial u};$$

on a $(P_t^2 - P_x^2 - P_y^2 - P_z^2 - P_u^2)\Phi \to \left[\frac{-h^2}{4\pi^2}\left(\frac{\partial^2}{c^2\partial t^2}-\frac{\partial^2}{\partial x^2}-\frac{\partial^2}{\partial y^2}-\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)-m_0^2c^2\right]\Phi = 0.$
Ceci peut s'écrire

$$(1) \qquad (P_t + P_u)(P_t - P_u) - (P_x + iP_y)(P_x - iP_y) - P_z P_z^* = 0.$$

Faisons correspondre $P_z \simeq \pm\mu_1\mu_2\lambda_1\lambda_2$; $P_t + P_u \simeq \mu_1\mu_2\lambda_2^2$; $P_t + P_u \simeq \mu_1\mu_2\lambda_1^2$; $P_x + iP_y \simeq -\mu_1^2\lambda_1\lambda_2$; $P_x - iP_y \simeq -\mu_2^2\lambda_1\lambda_2$. En remplaçant dans (1), on a

$$\lambda_1^2\lambda_2^2\mu_1^2\mu_2^2 = \frac{-h^2}{4\pi^2}\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2}-\frac{\partial^2}{\partial x^2}-\frac{\partial^2}{\partial y^2}-\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)-m_0^2c^2.$$

Si l'on remplace dans (1) seulement un terme dans chaque produit, on obtient les quatre équations

$$(2)\quad \left\{ \begin{array}{l} (P_t + P_u)\lambda_1^2\mu_1\mu_2 + (P_x + iP_y)\mu_2^2\lambda_1\lambda_2 + P_z\lambda_1\lambda_2\mu_1\mu_2\,\Phi = 0, \\ (P_t + P_u)\lambda_1^2\mu_1\mu_2 + (P_x - iP_y)\mu_1^2\lambda_1\lambda_2 - P_z\lambda_1\lambda_2\mu_1\mu_2\,\Phi = 0, \\ (P_t - P_u)\lambda_2^2\mu_1\mu_2 + (P_x + iP_y)\mu_2^2\lambda_1\lambda_2 + P_z\lambda_1\lambda_2\mu_1\mu_2\,\Phi = 0, \\ (P_t - P_u)\lambda_2^2\mu_1\mu_2 + (P_x - iP_y)\mu_1^2\lambda_1\lambda_2 - P_z\lambda_1\lambda_2\mu_1\mu_2\,\Phi = 0. \end{array} \right.$$

La première équation s'écrit encore

$$\lambda_1\mu_2\left[(P_t + P_u)\lambda_1\mu_1 + (P_x + iP_y)\mu_2\lambda_2 + P_z\lambda_2\mu_1\right]\Phi = 0$$

ou

$$(P_t + P_u)\psi_1 + (P_x + iP_y)\psi_4 + P_z\psi_3 = 0,$$

en posant $\lambda_1\mu_1\Phi = \psi_1$, $\lambda_1\mu_2\Phi = \psi_2$, $\lambda_2\mu_1\Phi = \psi_3$, $\lambda_2\mu_2\Phi = \psi_4$; les trois autres équations (2) donnent d'une manière analogue les trois autres équations de Dirac.

Le sens des opérateurs μ et λ apparaît clairement si l'on se souvient que ψ_1 et ψ_2 sont des ondes correspondant à une masse propre > 0, ψ_3 et ψ_4 à une masse propre < 0. ψ_1 et ψ_3 sont des ondes à spin > 0, ψ_2 et ψ_4 des ondes à spin < 0. Les μ sont donc des opérateurs de *spin*, les λ, des opérateurs de masse. Les μ sont des opérateurs *directionnels*, les λ des opérateurs *dimensionnels*. Nous voyons donc que pour linéariser, nous sommes obligés de dépasser le cadre spatio-temporel et d'utiliser des êtres définis par des propriétés liées à des sous-espaces.

N. B. — Nous avons $P_z = \mp\lambda_1\lambda_2\mu_1\mu_2$. En écrivant l'opérateur complet où figure $\mu_0 c$, la première et la troisième équation contiennent $P_z + i\mu_0 c$, la deuxième et la quatrième contiennent $P_z - i\mu_0 c$; le premier correspondant à $-\lambda_1\lambda_2\mu_1\mu_2$, le second à $+\lambda_1\lambda_2\mu_1\mu_2$.

OPTIQUE. — *Variations de phase par réflexion normale sur des couches très minces obtenues par projections cathodiques à partir d'une cathode de chrome.* Note (1) de M. **Marcel Perrot.**

Les lames étudiées sont préparées à partir d'une cathode d'aluminium chromée électrolytiquement et ayant 10^{cm} de diamètre. Cette cathode peut être déplacée au moyen d'un dispositif de commande électromagnétique déjà mentionné (2). Par une circulation d'eau on peut éviter tout échauffement de la lame à métalliser au cours des projections qui durent parfois plusieurs heures.

Un cache mobile permet d'obtenir des couches d'épaisseurs croissantes sur

---

(1) Séance du 15 juillet 1942.

(2) M. Perrot, *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 238-240.

la même lame support. Les projections ont été effectuées successivement dans une atmosphère résiduelle d'air, dans une atmosphère d'azote et dans une atmosphère d'hydrogène obtenue par osmorégulateur. Dans le cas de l'air, le vide, très poussé, correspondait, sous une tension de 2000 volts, à un espace obscur de 10^{cm}. Les résultats obtenus dans ces différentes conditions de projection sont identiques.

1. *Variation de phase verre-métal.* — Les couches d'épaisseurs croissantes sont déposées sur l'un des côtés d'une lame à faces planes et parallèles qui a 4^{cm} de diamètre. On enlève le métal sur une étroite bande le long d'un diamètre de la lame et perpendiculairement aux bandes métalliques. L'épaisseur du dépôt est obtenue en métallisant simultanément une lamelle couvre-objet de microscope que l'on pèse à la microbalance avant et après la projection.

La lame métallisée est ensuite étudiée au moyen d'un montage analogue à celui employé par Buisson et Fabry (³) pour la mesure des longueurs d'onde des raies de l'arc au fer. La lame à faces parallèles donne un système d'anneaux à l'infini que l'on projette suivant un diamètre sur la fente d'un spectroscope.

Quand on passe de la réflexion verre-air à la réflexion verre-métal, il se produit un changement de phase que l'on détermine à partir de la variation du diamètre des anneaux.

Les résultats, pour cinq radiations de l'arc au mercure, sont rassemblés dans le tableau suivant :

Épaisseur	Variations de phase verre-métal.				
(mμ). λ...	0,366 μ.	0,404 μ.	0,436 μ.	0,546 μ.	0,578 μ.
2,9.....	0,12	0,09	0,06	0,03	0,06
3,4.....	0,12	0,13	0,11	0,09	0,08
7,4.....	0,23	0,19	0,19	0,12	0,16
11,3.....	0,35	0,26	0,28	0,22	0,21
11,8.....	0,39	0,36	0,29	0,20	0,21
15,1.....	0,51	0,34	0,35	0,26	0,21
16,9.....	0,30	0,33	0,32	0,22	0,20
19,7.....	0,54	0,47	0,47	0,39	0,37
20,6.....	0,46	0,28	0,37	0,29	0,29
25.......	0,50	0,45	0,42	0,36	0,34
28,5.....	0,66	0,57	0,56	0,45	0,41
30.......	0,64	0,48	0,46	0,39	0,38
33,5.....	0,57	0,54	0,52	0,42	0,36
35.......	0,69	0,60	0,55	0,47	0,45
42.......	0,67	0,61	0,56	0,50	0,75
47,5.....	0,65	0,56	0,53	0,44	0,39

Dans le domaine des épaisseurs étudiées, les variations de phase sont des

(³) *Journal de Physique*, 4ᵉ série, 7, 1908, p. 424.

retards qui, d'une manière générale, croissent avec l'épaisseur, mais présentent des fluctuations.

Rouard (¹) a observé avec des lames très minces d'or, d'argent et de platine étudiées dans les mêmes conditions, que le changement de phase était une *avance* pour les épaisseurs supérieures à $5^{m\mu}$.

2. *Variations de phase air-métal.* — Le même montage que précédemment est utilisé pour la variation de phase air-métal. Les couches d'épaisseurs croissantes sont alors déposées sur l'une des lames d'un étalon de Perot-Fabry dont l'autre lame est traversée la première par l'onde lumineuse incidente.

Le métal a été supprimé suivant une étroite bande le long de deux diamètres perpendiculaires pour permettre le réglage de l'étalon.

La variation de phase est déduite de la variation du diamètre des anneaux quand la réflexion s'effectue dans l'air sur le verre ou dans l'air sur le métal, en tenant compte du fait que la lumière qui s'est réfléchie sur le métal a parcouru un plus court chemin que celle qui s'est réfléchie sur la partie non métallisée.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant.

Épaisseur	Variations de phase air-métal.				
(mμ). λ...	0,366 μ.	0,404 μ.	0,436 μ.	0,546 μ.	0,578 μ.
3,5.....	0,048	0,043	0,046	0,031	0,020
6,6.....	0,033	0,048	0,056	0,044	0,035
12,8.....	0,052	0,055	0,059	0,067	0,086
19,1.....	0,030	0,047	0,055	0,076	0,083
31,3.....	0,015	0,064	0,062	0,085	0,093
37,5.....	0,035	0,062	0,046	0,086	0,078
50.......	0,140	0,050	0,056	0,051	0,087

Pour les épaisseurs étudiées, les variations de phase sont ici des *avances* qui croissent en oscillant avec l'épaisseur. Il est à noter que, pour les métaux étudiés jusqu'à présent (Au, Ag, Pt), on avait un *retard* de phase pour la réflexion air-métal.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Sur l'étude de la symétrie des ions complexes par les méthodes radiochimiques.* Note de M. **Raymond Daudel.**

De nombreux ions complexes résultent de l'action d'un ion $A^{-\alpha}$ sur un corps composé A_nB_m selon la réaction généralement réversible

$$(1) \qquad pA^{-\alpha} + A_nB_m \rightleftharpoons [A_{n+p}B_m]^{-p\alpha},$$

et l'on peut espérer mettre à profit cette réaction pour étudier l'équivalence des $n+p$ atomes A de l'ion complexe ou, si l'on préfère, sa symétrie, en le construisant à l'aide d'un ion $A^{-\alpha}$ radioactif et du corps A_nB_m inactif, puis en provoquant ensuite la destruction du complexe en ces mêmes particules $A^{-\alpha}$ et A_nB_m et en étudiant, s'il y a eu, ou non, partage de la radioactivité.

Nous voulons, ici, discuter dans quels cas la méthode précédente est appli-

(¹) *Annales de Physique*, 7, 1937, p. 291.

cable. Nous serons amené, au cours de cette étude, à signaler une réaction d'échange qui peut être considérée comme une méthode rapide d'obtention des complexes radioactifs.

La réaction que l'on doit craindre dans l'étude précitée s'écrit

$$(\text{II}) \qquad [A_{n+p}B_m]^{-p\alpha} \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} (n+p)A^{-\alpha} + mB^{+\beta}.$$

Lors de cette réaction en effet, les ions complexes se détruisent constamment et se reforment à partir des ions simples et, par conséquent, abandonnent leur constitution originelle. Cette réaction est donc, à elle seule, une cause de partage de la radioactivité.

Lorsque dans la méthode précitée la radioactivité initiale de $A^{-\alpha}$ se retrouve dans $A^{-\alpha}$ après destruction du complexe, on est sûr que la réaction (II) n'a pas joué et le procédé est incontestable. Dans le cas où, au contraire, on serait conduit à admettre une symétrie complète, il faut s'assurer, avant de conclure, que la réaction considérée n'intervient pas. Or un calcul très simple montre qu'au bout d'un temps de l'ordre de $L2/k_1$ la moitié des ions complexes se sont dissociés au moins une fois.

La méthode précédente est donc en défaut lorsque $L2/k_1$ est de l'ordre du temps nécessaire à la réalisation des expériences. Ce critère est peu pratique, car la constante k_1 n'est généralement pas connue : l'équilibre (II) s'établissant presque instantanément, vu la faible quantité des ions simples devant se former. L'étude cinétique de la réaction de destruction du complexe par un réactif précipitant $A^{-\alpha}$ ne peut être utilisée sans danger d'obtenir une réaction directe du réactif sur le complexe, éventualité rendant toute conclusion incertaine.

Il est heureusement possible d'avoir une idée du temps considéré en étudiant la réaction d'échange entre l'ion complexe et l'ion $B^{+\beta}$ par exemple.

Développement théorique. — Étudions le cas simple où

$$n = m = 1.$$

Faisons une solution d'un complexe AB^* comprenant l'élément B^* dans un état radioactif et un excès de l'élément B sous une forme inactive.

Nous aurons

$$AB^* \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} A + B^* \qquad \text{et} \qquad A + B \underset{k_1}{\overset{k_2}{\rightleftharpoons}} AB.$$

Si l'on suppose qu'au temps initial la concentration de AB^* est a et celle de B est b, le système d'équations différentielles qui détermine la cinétique de cette réaction s'écrit en représentant par x la concentration de B libre formée et y celle de AB

$$\frac{d(a-x)}{dt} = -k_1(a-x) + k_2(x-y)x,$$

$$\frac{dy}{dt} = k_2(x-y)(b-y) - k_1 y.$$

En posant $X = x + y$ et $Y = x - y$, ce système s'intègre aisément et donne immédiatement

$$Y = \frac{Ka\left(e^{t2k_2\sqrt{\frac{b^2}{4}+Ka}} - 1\right)}{\left(\frac{b}{2} + \sqrt{\frac{b^2}{4} + Ka}\right)e^{2k_2t\sqrt{\frac{b^2}{4}+Ka}} + \left(-\frac{b}{2} + \sqrt{\frac{b^2}{4} + Ka}\right)}.$$

En tenant compte de ce qu'en général K est négligeable devant a et b, on obtient ensuite

$$X = \frac{2ab}{a+b}\, e^{-\frac{K}{b}e^{-tk_2b}}\left[1 - e^{-k_1\left(1+\frac{a}{b}\right)t}\right].$$

On en déduit que x aura atteint la moitié de sa valeur d'équilibre au bout d'un temps approximativement égal à

$$t = \frac{b}{a+b}\,\frac{L2}{k_1}.$$

Si donc on choisit pour a et b des valeurs analogues, ce temps est de l'ordre de celui de la demi-dissociation du complexe. Il resterait à traiter le cas général où n et m sont différents de 1, mais nous pensons que les conclusions qualitatives que nous avons obtenues dépendent peu de n et de m.

La méthode d'étude de la symétrie précitée doit donc se trouver en défaut lorsque la réaction d'échange considérée se réalise en un temps court.

Exemples pratiques. — Dans le cas de l'iodomercurate de potassium HgI_4K_2, nous avons mis en évidence la réaction d'échange (II) par deux procédés différents. Elle s'effectue très rapidement.

Il n'est donc pas possible de conclure à la symétrie de l'ion HgI_4^{-2} par une méthode radiochimique.

Au contraire, dans le cas de l'ion $P_2O_6^{-4}$ qui se forme dans la réaction

$$PO_3^- + PO_3^{-3} \rightleftharpoons P_2O_6^{-4},$$

la méthode qui conduit à une dissymétrie ([1]) n'est pas contestable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques diènes isomères.* Note de M. **René Jacquemain**, présentée par M. Marcel Delépine.

La déshydratation du diméthyl-2.4 pentène-2 ol-4, alcool de Felemberg, et du diméthyl-2.4 pentanediol-2.4, alcool de Lemaire, permet de préparer, avec quelques précautions déjà indiquées ([1]), du diméthyl-2.4 pentadiène-1.3 à un état de pureté très satisfaisant. Poursuivant la déshydratation des alcools de ces séries, j'ai constaté que chacun des homologues supérieurs donnait naissance à plusieurs isomères, parmi lesquels deux dominent assez pour qu'il soit possible de les séparer à l'aide de bonnes colonnes à rectifier. Il faut évidem-

---

([1]) J. N. Wilson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 2697.

([1]) R. Jacquemain, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 880.

ment fractionner de nombreuses fois et se résoudre à n'avoir que des rendements assez faibles en produits purs. Il est à noter qu'avec les diols les rendements sont bien moins élevés.

Dans les deux séries, j'ai eu l'impression que le catalyseur employé pour la déshydratation influait sur la proportion relative des isomères, mais, malgré de nombreux essais, je n'ai rien pu obtenir de net. La formule de chaque carbure a été déterminée par ozonolyse. Pour cette opération, j'utilisais un appareil dont la description sera donnée ultérieurement.

En suivant le mode opératoire indiqué dans la Note précédemment citée, j'ai pu obtenir une série de diènes groupés dans le tableau ci-dessous. Par hydrogénation des diènes isomères, j'ai préparé le carbure saturé correspondant. Certains de ces carbures saturés ont été obtenus par Tuot [2] à partir de carbures éthyléniques. Les constantes de cet auteur sont données entre parenthèses.

1° A partir du diméthyl-2.4 hexène-2 ol-4 et du diméthyl-2.4 hexane diol-2.4 :

	t.	d.	n_D.	R. M. Calc.	R. M. Tr.
Méthyl-2 méthène-4 hexène-2 (C^8H^{14})...... $CH^3.C(CH^3):CH.C(:CH^2).CH^2.CH^3$.	113–113°,5 752mm	0,7660 18°,8	1,4444 18°,8	38,21	38,21
Diméthyl-2.4 hexadiène-2.4.............. $CH^3.C(CH^3):CH.C(CH^3):CH.CH^3$.	116° 752mm	0,7663 8°,2	1,4540 8°,2	38,21	38,91
Diméthyl-2.4 hexane (C^8H^{18})............ $CH^3.CH(CH^3).CH^2.CH(CH^3).CH^2.CH^3$.	108° 750mm (108° 750mm)	0,7064 13°,2	1,3990 13°,2	39,14	39,08

2° A partir du diméthyl-2.4 heptène-2 ol-4 et du diméthyl-2.4 heptane diol-2.4 :

	t.	d.	n_D.	R. M. Calc.	R. M. Tr.
Méthyl-2 méthène-4 heptène-2 (C^9H^{16})...... $CH^3.C(CH^3):CH.C(:CH^2)CH^2.CH^2.CH^3$.	134–135° 750mm	0,7752 5°	1,4552 5°	42,82	43,47
Diméthyl-2.4 heptadiène-2.4.............. $CH^3.C(CH^3):CH.C(CH^3):CH.CH^2.CH^3$.	137,5–139° 750mm	0,7750 4°,4	1,4587 4°,4	42,82	43,72
Diméthyl-2.4 heptane (C^9H^{20})............ $CH^3.CH(CH^3).CH^2.CH(CH^3)CH^2.CH^2CH^3$.	131° 731mm (130° 749mm)	0,7227 10°,8	1,4081 10°,8	43,76	43,80

3° A partir du diméthyl-2.4 octène-2 ol-4 et du diméthyl-2.4 octane diol-2.4 :

	t.	d.	n_D.	R. M. Calc.	R. M. Tr.
Méthyl-2 méthène-4 octène-2 ($C^{10}H^{18}$)..... $CH^3.C(CH^3):CH.C(:CH^2).CH^2.CH^2.CH^2.CH^3$.	152–152°,8 756mm	0,7790 9°,8	1,4536 9°,8	47,44	47,95
Diméthyl-2.4 octadiène-2.4.............. $CH^3.C(CH^3):CH.C(CH^3):CH.CH^2.CH^2.CH^3$.	159,5–160° 756mm	0,7802 9°,8	1,4558 9°,8	47,44	48,11
Diméthyl-2.4 octane ($C^{10}H^{22}$)............ $CH^3.CH(CH^3).CH^2.CH(CH^3).CH^2.CH^2.CH^2.CH^3$	152° 756mm (152°,5 746mm)	0,7364 8°	1,4156 8°	48,38	48,40

---

[2] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1434.

4° A partir du diméthyl-2.4 nonène-2 ol-4 et du diméthyl-2.4 nonane diol-2.4 :

Méthyl-2 méthène-4 nonène-2 ($C^{11}H^{20}$)...... $CH^3.C(CH^3):CH.C(:CH^2).(CH^2)^4.CH^3$.	172,5–173° 749mm	0,7862 10°	1,4556 10°	52,06	52,56
Diméthyl-2.4 nonadiène-2.4.............. $CH^3.C(CH^3):CH.C(CH^3):CH.(CH^2)^3.CH^3$.	175–176° 749mm	0,7853 10°	1,4564 10°	52,06	52,70
Diméthyl-2.4 nonane ($C^{11}H^{24}$).............. $CH^3.CH(CH^3).CH^2.CH(CH^3).(CH^2)^4.CH^3$.	171–172° 756mm	0,7430 10°	1,4200 10°	53,17	52,99

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Applications de la spectrographie ultraviolette; étude des transformations du disulfure de tétraméthylthiurame, fonctionnant comme agent direct de vulcanisation.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **André Jarrijon**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que l'état vulcanisé du caoutchouc est obtenu par action d'un agent vulcanisant, le soufre habituellement, sur l'hydrocarbure caoutchouc. Outre cet agent, la masse contient également, en général, diverses sortes d'ingrédients de mélange, notamment des charges minérales et des produits organiques. Parmi ceux-ci, certains sont employés à faibles doses, tels les antioxygènes et les accélérateurs, et sont susceptibles de subir des transformations au cours de la vulcanisation.

Toutefois, ce n'est que rarement qu'il est possible d'isoler leurs produits de transformation sous une forme bien définie, et il est, par suite, difficile d'interpréter leur mode d'action.

Comme, mises à part quelques exceptions, chacun de ces antioxygènes et accélérateurs possède un spectre caractéristique d'absorption dans l'ultraviolet, la spectrographie constitue un moyen remarquable de suivre leur comportement. C'est ce qu'ont montré Ch. Dufraisse et J. Houpillart (1), qui ont mis au point une technique spéciale (2) pour l'obtention et l'examen de ces spectres, examen qui permet souvent de déduire d'intéressantes conclusions.

La méthode a d'abord été appliquée à un cas simple, le dosage des antioxygènes (3); on a constaté que ces produits subsistent intacts dans le mélange.

On s'est ensuite tourné vers une étude plus complexe, celle du disulfure de tétraméthylthiurame, produit utilisé d'abord comme accélérateur, mais qui s'est révélé également, par la suite, comme agent direct de vulcanisation, sans soufre élément. Plusieurs opinions divergentes ont été émises à propos de cette action.

A la suite des travaux de G. Bruni (4), une opinion très répandue veut que ce corps agisse en se transformant en monosulfure de tétraméthylthiurame, avec libération d'un atome de soufre par molécule de disulfure.

(1) *Rev. Gén. Caout.*, 16, 1939, p. 44.
(2) *Rev. Opt. Théor. Instr.*, 16, 1937, p. 321.
(3) A. Jarrijon, *Rev. Gén. Caout.*, 18, 1941, p. 217.
(4) *India Rubber J.*, 62, 1921, p. 89.

On a souvent supposé aussi que, dans la vulcanisation, il se produisait simplement une décomposition pyrogénée du disulfure de tétraméthylthiurame avec libération de tétraméthylthiourée.

Enfin deux auteurs, K. Shimada (5) et A. F. Shepard (6), ont signalé, en se basant sur des réactions colorées, que l'on pouvait déceler la présence de diméthyldithiocarbamate de zinc.

Nous avons donc cherché, en appliquant les méthodes de la spectrographie ultraviolette, à déterminer quelles sont les transformations subies par le disulfure de tétraméthylthiurame au cours de la vulcanisation.

Le mélange utilisé avait la composition suivante (en poids) : crêpe pâle 100, disulfure de tétraméthylthiurame 3, oxyde de zinc 2; il était vulcanisé pendant 30 minutes à 125° C. Par épuisement à l'acétone, ce vulcanisat fournit 3,5 % de son poids d'un extrait, dont on enregistre le spectre.

Ce spectre est caractéristique et présente des maxima d'absorption pour des longueurs d'onde de 2800 et 2600 Å. Ce n'est ni celui du disulfure de tétraméthylthiurame, ni celui du monosulfure, ni celui de la tétraméthylthiourée, mais il est identique à celui du diméthyldithiocarbamate de zinc.

D'après l'évaluation spectrométrique, les 2/3 du disulfure de tétraméthylthiurame mis en jeu se sont ainsi transformés en diméthyldithiocarbamate de zinc.

Cette transformation massive de l'agent de vulcanisation est, à n'en pas douter, en relation avec son pouvoir vulcanisant. Un travail chimique est en cours pour préciser le phénomène et essayer de faire apparaître la nature des effets produits sur le caoutchouc.

BIOLOGIE. — *Sur quelques coaptations sexuelles chez le mâle des* Trichoniscinæ *et* Armadillidiidæ (*Isopodes terrestres*). Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Charles Pérez.

J'ai étudié (1) les variations des caractères sexuels secondaires présentés par le 7e péréiopode des ♂ dans la sous-famille des *Haplophthalminæ*. On aboutit à des conclusions identiques au sujet de l'origine et de la genèse de la pince préhensile par l'étude d'espèces appartenant à d'autres familles.

a. Sous-famille des Trichoniscinæ. — Chez *Androniscus dentiger* Verh. et les autres espèces du même genre, la pince préhensile, formée par le meros et le carpos, est plus perfectionnée que chez *Haplophthalmus danicus* B. L. La face sternale du meros présente une énorme apophyse dont l'extrémité, garnie d'une grosse soie multifide, atteint le niveau d'un bourrelet qui fait saillie dans la partie médiane de la face correspondante du carpos. La moitié proximale de cette face est fortement excavée, en forme de gorgeret (*fig.* A).

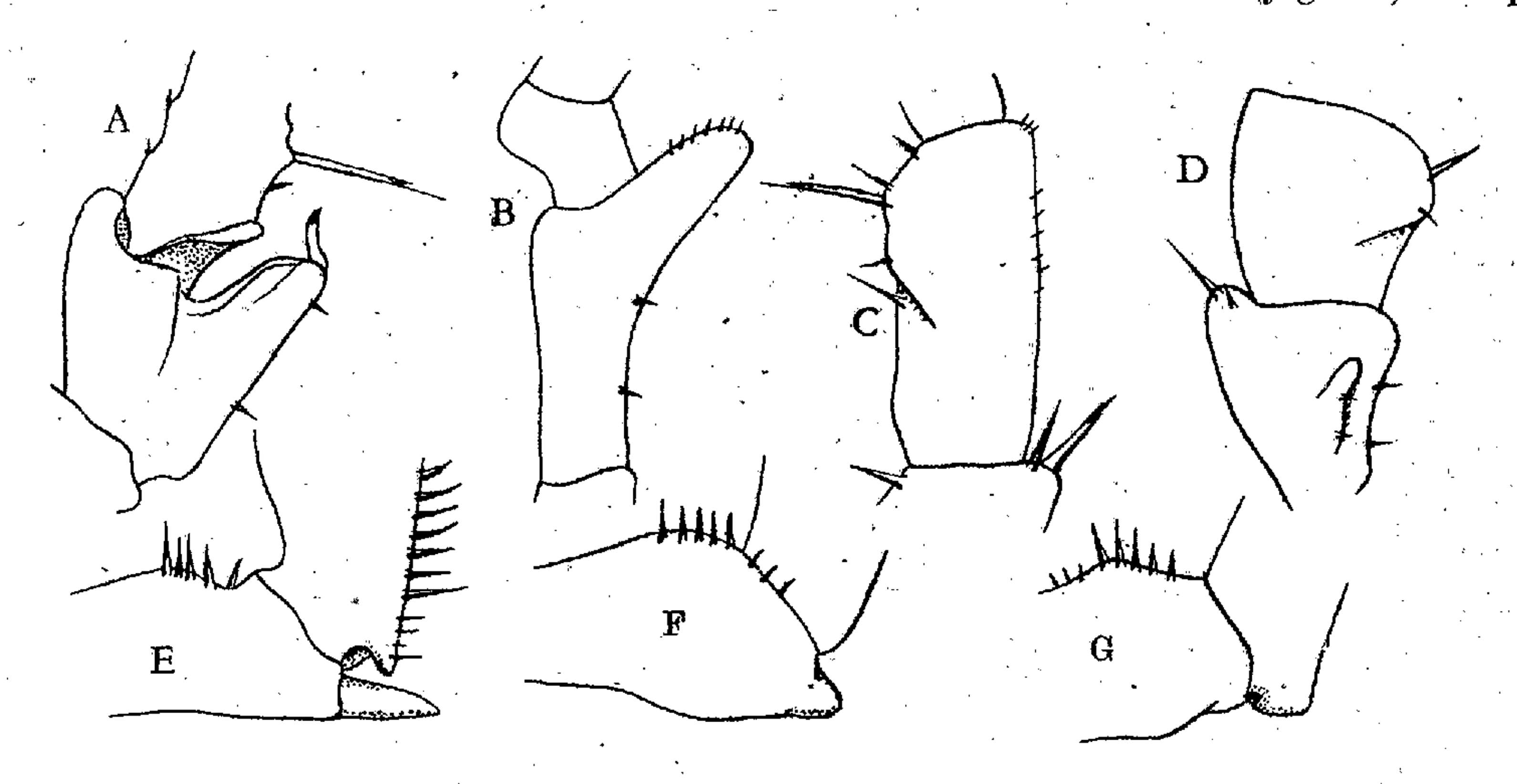
---

(5) *Rub. Chem. and Techn.*, **11**, 1938, p. 535.

(6) *Ind. Eng. Chem.*, **26**, 1934, p. 1200.

(1) *Comptes-rendus*, **215**, 1942, p. 122.

Parmi les genres appartenant à cette même sous-famille, un premier groupe d'espèces, très nombreuses, présente une apophyse sur le meros sans que le carpos soit différencié sexuellement. L'apophyse peut être proximale et petite, en forme de crochet : *Trichoniscoïdes Sarci* (Patience), *Alpioniscus dispersus* Rac., espèces du genre *Hyloniscus* Verh. Elle peut être beaucoup plus développée, par exemple, chez *Nesiotoniscus corticus* Rac. Enfin, chez *Phylloniscus braunsi* Purc., Trichoniscide termitophile africain, l'apophyse présentée par le meros a une forme et une taille très voisines de celles d'*Androniscus* (*fig.* B). L'apophyse présentée par le 5ᵉ péréiopode du ♂ d'*Oritoniscus Desfoxi* Vandel peut être également considérée comme un témoignage de la tendance fréquente à l'apparition de différenciations analogues sur le meros des péréiopodes des mâles (généralement 7ᵉ péréiopode). Dans un deuxième groupe d'espèces, appartenant à des genres différents des précédents, seul le carpos du 7ᵉ péréiopode est différencié sexuellement et présente un bourrelet homologue de celui d'*Androniscus*. Appartiennent entre autres à ce groupe *Trichoniscus* (*Stylohylea*) *bosniensis* Verh., *T.* (*S.*) *fagorum* Verh., *T. matulici* var. *stygivagus* Verh. (*fig.* C).



Enfin, dans un troisième groupe d'espèces, dont une appartient d'ailleurs au genre *Trichoniscus* cité dans le groupe précédent, le carpos et le meros sont différenciés en même temps. Les espèces du genre *Androniscus* prennent place dans ce groupe. Chez *T. plitvicensis* Verh. (*fig.* D), tandis que le carpos présente dans la partie médiane de sa face sternale un gros bourrelet, le meros présente latéralement une apophyse longue et étroite dont l'extrémité atteint le tiers distal de l'article. Toute préhension est impossible vu le faible développement de l'apophyse du meros et sa position latérale.

Chez *Miktoniscus chavesi* Dol., la face sternale du carpos présente un bourrelet qui surplombe la moitié proximale creusée en gorgeret. La face correspondante du meros est très renflée dans sa partie médiane; une forte soie courbe s'insère latéralement au niveau de ce renflement, et son extrémité atteint la partie

du gorgeret du carpos. Cet ensemble doit fonctionner comme une pince préhensile très rudimentaire. Il y a là un phénomène très net de convergence avec la pince d'*Hapophthalmus danicus*.

b. Famille des Armadillidiidæ. — Chez les espèces du genre *Eluma* Verh. (*fig.* E : *E. purpurascus* B. L.), le 7e péréiopode des ♂ présente dans l'angle distal interne du meros une longue apophyse conique qui s'oppose à une apophyse analogue, mais plus petite, occupant l'angle proximal interne du carpos. L'ensemble forme une pince préhensile assez rudimentaire. De nombreuses espèces du genre *Armadillidium* (*Armadillidium*) présentent soit l'une, soit l'autre de ces apophyses ou tout au moins des différenciations analogues occupant une position légèrement variable dans la même région que chez *Eluma*. Chez *A.* (*A.*) *vulgare* Latr., *A.* (*A.*) *decipiens* Br., une longue apophyse conique s'insère un peu avant l'angle distal interne du meros et est soudée à cet article sur toute sa longueur. Chez *A.* (*A.*) *fallax* Br., l'apophyse occupe l'angle distal interne et sa pointe est libre. Enfin, chez *A.* (*A.*) *bifidium* Dol., *dentiferum* B. L. (*fig.* F), *halophilum* Dol., l'apophyse est entièrement libre et analogue à celle d'*Eluma*.

Dans un deuxième groupe d'espèces comprenant *A.* (*A.*) *opacum* Koch., *sulcatum* M. Ed., *Klugii* Br. (*fig.* G), le carpos est seul différencié et présente dans son angle proximal interne une apophyse analogue à celle d'*Eluma*.

Conclusion. — Aussi bien chez les *Trichoniscinæ* que chez les *Armadillidiidæ*, la réalisation d'une coaptation sexuelle apparaît nettement due au hasard de la rencontre sur le 7e péréiopode d'*un même individu* de différenciations qui se manifestent indépendamment l'une de l'autre chez de très nombreuses espèces appartenant à ces groupes. Le hasard intervient également dans la position et la taille de ces différenciations : ce phénomène, observé chez *T. plitvicensis*, est encore plus net chez les *Haplophthalminæ*. La diversité de ces caractères sexuels secondaires témoigne de l'évolution actuelle de tous ces groupes d'origine récente.

L'hypothèse de l'apparition de ces différenciations par mutations homologues, affectant toujours les mêmes articles et au même endroit, est l'une des plus rationnelles qui puisse être invoquée, car elle est parfaitement conciliable avec la réalisation capricieuse de ces coaptations.

La séance est levée à 15^{h}30^m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 24 AOUT 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

CORRESPONDANCE.

RELATIVITÉ. — *Sur le groupe de déplacement euclidien dans la théorie de la relativité et les critériums expérimentaux.* Note de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons montré (¹) que la théorie relativiste des expériences de Sagnac et de Dufour et Prunier conduisait, *en toute rigueur*, aux mêmes prévisions que la théorie classique. Cette constatation permettait d'affirmer, à priori, que le problème, tel qu'il a été posé par M. F. Prunier (²), des deux mobiles parcourant en sens inverse, avec la même vitesse, la périphérie d'un disque en rotation, était impropre à fournir un critérium, positif ou négatif, de relativité. Ce que, de son côté, M. E. Esclangon (³) a reconnu également en transposant ce problème dans le domaine de l'Astronomie. Nous allons établir que cette impossibilité s'étend à une classe plus générale d'expériences.

Considérons, dans un univers euclidien, un repère galiléen trirectangle $K(Oxyz)$ et un repère $K'(O'x'y'z')$ animé dans K d'un mouvement quelconque. L'invariant fondamental d'univers

$$ds^2 = g_{\alpha\beta}\, dX^\alpha\, dX^\beta. \tag{1}$$

peut s'exprimer en fonction des coordonnées x', y', z' de K' et du temps t dans K (soit, en particulier, $X^1 = x'$, $X^2 = y'$, $X^3 = z'$, $X^4 = ict$). L'univers étant supposé euclidien (il suffit pratiquement que les observateurs soient très loin de toute masse gravifique), le tenseur de Riemann-Christoffel $R^{\delta}_{\alpha\beta\gamma}$, formé au moyen de $g_{\alpha\beta}$, est identiquement nul, et l'on sait qu'il est possible, par des substitutions holonomes convenables, de ramener le ds^2 (1) à la forme galiléenne cartésienne

$$ds^2 \equiv c^2\, dt^2 - (dx^2 + dy^2 + dz^2) \qquad (c = 3.10^{10}\ \text{cm : s}), \tag{2}$$

où $xyzt$ sont les coordonnées d'espace et de temps de K.

(¹) *Les interprétations physiques de la théorie d'Einstein*, préface de M. Esclangon, Paris, 1939; *Bull. hist. et scient. de l'Auvergne*, 59, n° 505, 1939.

(²) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 46; P. Langevin, *ibid.*, 200, 1935, p. 48; F. Prunier, *ibid.*, 212, 1941, p. 432.

(³) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 632.

Inversement, on passera de (2) à (1) sans changer la nature euclidienne de l'espace-temps en faisant subir à dx, dy, dz les *transformations classiques du groupe euclidien* exprimant le déplacement de K′ dans K. La notion de solide n'étant pas nécessairement inféodée à celle de corps naturel ([1]), cette opération est toujours mathématiquement exacte. Certains auteurs (voir Eddington, *Temps, Espace, Gravitation*, partie théorique, p. 194, et Langevin, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 831) ont cependant cru nécessaire de limiter au premier ordre la validité des transformations classiques. M. Langevin, en particulier, a pensé à justifier cette limitation par l'existence des déformations élastiques du solide servant de repère *matériel*. Nous objectons que la même difficulté aurait également lieu dans la théorie classique.

Quoi qu'il en soit du sens « réel », « apparent » ou « relatif » de la contraction lorentzienne, cherchons dans quel cas les solides de la théorie d'Einstein se meuvent comme des solides euclidiens.

Soient, dans K, $\vec{\Omega}$ la rotation instantanée de K′ et $\vec{W}$ la vitesse de son origine O′. L'application du groupe de Galilée donne, entre les déplacements élémentaires d'un même point mobile repéré, à chaque instant t, par les vecteurs $\overrightarrow{OM}$, dans K, et $\overrightarrow{O'M'}$ dans K′,

$$(3)\qquad d\vec{M} = d\vec{M'} + \vec{U}\,dt.$$

où

$$(4)\qquad \vec{U} = \vec{W} + \vec{\Omega} \wedge \overrightarrow{O'M'}$$

est la vitesse d'entraînement du point coïncidant de K′.

Substituons à $\overline{dM} = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$ son expression (3); le ds^2 (2) s'écrira, après passage à l'univers euclidien tangent,

$$(5)\qquad ds^2 = c^2 d\tau^2 - d\sigma^2,$$

où

$$\left.\begin{aligned} d\tau^2 &= \mu^2\left(dt - \frac{\vec{U}.d\vec{M'}}{c^2\mu^2}\right)^2 \\ d\sigma^2 &= \overrightarrow{dM'}^2 + \frac{(\vec{U}.d\vec{M'})^2}{c^2\mu^2} \end{aligned}\right\} \qquad \left(\mu^2 = 1 - \frac{\vec{U}^2}{c^2}\right).$$

Ici *seulement* interviennent les *interprétations d'Einstein* : $d\tau$ et $d\sigma$ sont les temps et les longueurs *enregistrées et mesurées*, au voisinage de M′, au moyen de chronomètres et de règles *physiques*, par des observateurs entraînés dans le mouvement de K′.

$d\vec{M'}$ étant un vecteur invariable tracé dans le repère euclidien abstrait K′,

---

([1]) H. Poincaré, *La Science et l'Hypothèse*, pp. 104 et 105.

pour quel mouvement de ce repère la longueur physique einsteinienne $d\sigma$ de $d\overrightarrow{M'}$ demeurera-t-elle également invariable ? On trouve que la vitesse d'entraînement, dans K, de chaque point de K', doit être un vecteur constant dans K'. On en déduit que K' *doit être animé d'un mouvement hélicoïdal uniforme. C'est le seul mouvement euclidien qui puisse être réalisé matériellement par un solide einsteinien.*

Il est clair, dès lors, que, pour les observateurs de K (pour qui la géométrie euclidienne est valable), tout mouvement relatif par rapport à un solide einsteinien animé d'un mouvement hélicoïdal, aura le même aspect que dans la théorie classique. Seuls des observateurs, liés à K' et utilisant des chronomètres et des règles *physiques* obéissant à la métrique d'Einstein, relèveraient des *mesures* de longueur σ et de durées τ différentes de celles que relèveraient des observateurs munis d'instruments classiques. Il ne saurait donc être question de trouver un critérium purement cinématique ailleurs que dans ces mesures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode générale de synthèse des aldéhydes aromatiques.* Note de M. **Léonce Bert**.

Nous avons trouvé dans le dichloro-1.3-propène [1], $CH^2Cl.CH:CHCl$, un agent de synthèse des aldéhydes arylés Ar.CHO et aralcoylés $Ar.CH^2.CHO$ et $Ar.CH^2.CH^2.CHO$.

La présente Note se borne à décrire la préparation des aldéhydes aromatiques proprement dits ou aldéhydes arylés Ar.CHO.

On condense un carbure benzénique Ar.H avec le dichloropropène, parfois directement en présence de Cl^3Al [2], en général indirectement par l'intermédiaire du bromure d'arylmagnésium ArMgBr. On obtient ainsi, avec un bon rendement, le dérivé ω-chlorallylé $Ar.CH^2.CH:CHCl$, dont la double liaison, migrant en quelques minutes de $\beta\gamma$ en $\alpha\beta$ par KOH et un alcool ROH quelconque, engendre l'éther oxyde mixte d'alcoyle et d'alcoylcinnamyle [3] $Ar.CH:CH.CH^2.O.R$.

On reconnaît dans cet éther mixte, *mutatis mutandis*, la chaîne isoallylée $CH:CH.CH^3$ de l'anéthol, de l'isosafrol et de l'isoeugénol, qui, oxydée par O^3, CrO^3, MnO^4K ou NO^3H, fournit à l'industrie l'aubépine, le pipéronal et la vanilline.

Par action successive de l'ozone et de l'eau, l'éther mixte précédent est scindé en aldéhyde arylé et alcoxyéthanal, souvent souillés des acides corres-

(1) Ce réactif s'obtient en déshydratant la dichlorhydrine du glycérol. L'industrie pétrolière s'efforce de le fabriquer à bon marché en chlorant le propène des gaz de cracking.

(2) P. Bert, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 619.

(3) L. Bert, *ibid.*, 180, 1925, p. 1504.

pondants, dont il est facile de les séparer :

$$Ar.CH{:}CH.CH^2.O.R + O^3 + H^2O = Ar.CHO + RO.CH^2.CHO + H^2O^2.$$

Pour l'emploi du mélange chromique et du MnO^4K, on s'inspire des directives industrielles d'oxydation, par ces réactifs, des phénols à chaînes latérales non saturées.

Si l'on ne dispose pas d'un ozoniseur débitant à la minute $0^l,5$ d'oxygène à 10 % d'ozone, il est commode et expéditif d'utiliser l'acide nitrique de densité 1,1, en suivant la technique de H. Labbé (4).

Notre méthode est tout à fait générale. Elle permet d'obtenir non seulement les aldéhydes simples Ar.CHO, mais encore leurs dérivés nitrés, aminés, hydroxylés, alcoxylés.

L'ω-chlorallylbenzène, par exemple, se nitre comme le toluène, compte tenu de la fragilité de la chaîne (−10° et agitation parfaite). Le dérivé nitré se réduit par Fe + ClH sans que la chaîne soit touchée etc.

En ce qui concerne les aldéhydes arylés alcoxylés, on traite par le dichloropropène, soit les éthers oxydes phénoliques mixtes en présence de Cl^3Al ou de poudre de zinc (5), soit les magnésiens de leurs bromures nucléaires RO.ArMgBr.

A titre d'exemple, voici l'essentiel de la préparation nouvelle de deux importants aldéhydes naturels, l'un simple, l'autre complexe :

1° *Aldéhyde p-cuminique.* — 1^{mol} de *p*-cymène de *spruce turpentine* est dégradée en toluène et cumène, par quelques millièmes de Cl^3Al, au sein de 10^{mol} de benzène. Par réaction de Friedel, le cumène ainsi obtenu au moindre prix, fixe en para la chaîne ω-chlorallylée empruntée au dichloropropène. KOH et CH^3OH, C^2H^5OH ou $n{-}C^4H^9OH$ changent le *p*-ω-chlorallylcumène en éther mixte de *p*-isopropylcinnamyle et de méthyle, éthyle ou *n*-butyle, dont la chaîne non saturée est rompue à froid par l'ozone et l'eau ou par NO^3H dilué bouillant.

2° *Aldéhyde salicylique.* — En partant du benzène, plusieurs procédés conduisent au but, par l'intermédiaire de $C^6H^5.CH^2.CH{:}CHCl$. L'un d'eux consiste à transformer ce dernier par KOH et C^2H^5OH en $C^6H^5.CH{:}CH.CH^2.O.C^2H^5$ qu'on nitre en ortho, coupe par oxydation en aldéhyde *o*-nitrobenzoïque que le sulfate ferreux ammoniacal réduit en aldéhyde *o*-aminobenzoïque dont le diazoïque, préparé en milieu acétique, se décompose à chaud en l'aldéhyde cherché.

PÉDOLOGIE. — *Sur la présence de complexes siliciques pseudosolubles dans les eaux de drainage.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Étienne Bastisse**.

Les eaux de drainage de nos lysimètres, malgré leur limpidité apparente lors de leur écoulement et un abandon à une sédimentation prolongée, renferment toujours des quantités non négligeables de certains éléments, SiO^2, P^2O^5, Al^2O^3, F^2O^3, de même d'ailleurs que beaucoup d'eaux naturelles.

(4) *Bull. Soc. Chim.*, **21**, 1899, p. 1076.
(5) L. Bert, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 797.

L'analyse, effectuée sur un grand volume d'eau, a donné pour ces éléments la répartition suivante :

	Concentration en mg/l d'eau.			Rapports moléculaires $SiO^2/(Al^2O^3+Fe^2O^3)$.	
	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	Eau de drainage.	Argile mère (<1μ).
Lysimètres, Sol de limon, horizon A.	9,40	2,97	0,13	5,20	2,60
Lysimètres, Sol de limon, » B.	6,00	0,69	0,11	13,40	3,20
Lysimètres, » granitique jeune.....	6,30	0,81	0,09	12,35	3,90
Drainage au champ (limon).......	11,00	0,76	0,14	21,99	–

Si nous rapprochons ces résultats de la composition des argiles extraites des sols correspondants, nous constatons que les rapports moléculaires $SiO^2/(Al^2O^3+Fe^2O^3)$ sont toujours plus élevés dans les eaux de drainage que dans les argiles. Celles-ci tendent donc, sous l'action des eaux de percolation, à un abaissement continu de leur taux de silice. C'est ce qui se constate généralement dans l'examen des profils des régions tempérées humides; en particulier le tableau ci-dessus montre que le rapport silice/sesquioxydes est plus élevé dans l'argile de l'horizon B que dans celle de l'horizon A. D'autre part les complexes entraînés donnent, par précipitation, les argiles siliceuses qu'on rencontre dans les dépôts d'estuaires.

Or nous avons montré expérimentalement (1) que les oxydes de Fe et Al, en présence de l'anion silicique (également phosphorique et humique), sont susceptibles de former des complexes donnant des pseudosolutions stables en présence de CO^3Ca et non précipités dans un large intervalle du pH, quand la concentration en sels de calcium ne dépasse pas une limite au-dessous de laquelle s'abaissent fréquemment les eaux naturelles. Par cataphorèse, ces complexes migrent à l'anode comme les colloïdes argileux; ils sont retenus par les bougies imperméables aux bactéries; ils peuvent alternativement être floculés par $(NO^3)^2Ca$ et ensuite redispersés dans l'eau distillée; le tableau ci-dessous montre que, dans ces conditions, leur composition varie avec abaissement continu du rapport SiO^2/Sesquioxydes dans le dépôt, tandis que ce même rapport s'élève dans la fraction restant dans la phase liquide; celle-ci, de ce fait, acquiert une stabilité accrue vis-à-vis des électrolytes.

Variation de composition des complexes au cours de dispersions et de floculations successives.

Nombre des floculations.	Ferri-siliciques. Rapports moléculaires, SiO^2/Sesq./CaO. Solution initiale, 8,24 — 1. Floculat.	Phase p.-s.	Alumino-siliciques. Solution initiale, 8,36 — 1. Floculat.	Phase p.-s.
1.....	5,60 — 1 — 0,45	170,0 — 1	4,72 — 1 — 0,66	86,0 — 1
3.....	3,60 — 1 — 0,28	69,5 — 1	4,46 — 1 — 0,60	27,5 — 1
7.....	2,40 — 1 — 0,10	60,5 — 1	4,35 — 1 — 0,55	4,4 — 1

p.-s., pseudosoluble.

(1) *Ann. Agron.*, 8, 1938, pp. 6-33.

On remarquera l'analogie étroite des complexes synthétiques précédents et des composés pseudosolubles trouvés dans les eaux de drainage. On peut présumer que ces derniers sont originellement des ferri-alumino-silicates de potassium et de sodium, le calcium se substituant ensuite partiellement aux alcalins et l'acide phosphorique à la silice.

Les complexes considérés ont pour origine les gels qui se forment dans l'altération superficielle des minéraux ou des micelles argileuses elles-mêmes. Leur entraînement à distance est fonction de la concentration en cations des solutions du sol, variable suivant les sols et pour un même sol au cours de l'année. Ils traduisent un processus de dégradation au cours duquel les argiles, dont le rapport SiO^2/Sesquioxydes est souvent voisin de 3, tendent à se rapprocher, sous notre climat, de la constitution kaolinique (rapport $= 2$) ou même à aller au delà dans le cas des latérites. Cette évolution est plus rapide dans le cas des milieux décalcifiés pauvres en électrolytes floculants.

En résumé, les argiles doivent être considérées comme présentant une évolution lente mais continue dans les sols. Ce fait explique les variations observées dans leur constitution sans qu'on puisse les considérer comme des mélanges de types définis.

La mobilité des complexes formés permet d'une part le passage de leurs éléments constituants dans les eaux de drainage, fait n'ayant guère retenu l'attention jusqu'ici; d'autre part la migration des sesquioxydes et plus particulièrement celle du fer qui se produit per descensum dans les régions podzoliques et per ascensum dans les sols rouges méditerranéens.

GÉOLOGIE. — *Sur la réversibilité de l'évolution chlorite → limonite.* Note [1] de M. **Antoine Bonte**, transmise par M. Lucien Cayeux.

J'ai décrit [2] avec quelque détail le mécanisme de la transformation en limonite des oolithes chloriteuses, et j'ai insisté sur la nécessité de la remise en mouvement, avec libération individuelle, des éléments ferrugineux. Certains minerais aaléniens du Jura lédonien montrent une évolution inverse qui mérite de retenir l'attention.

Au point de vue microscopique, il s'agit de calcaires marneux gris violacé à oolithes brunes; ces calcaires présentent des traînées virant au vert, dans lesquelles les éléments ferrugineux ne possèdent plus, extérieurement, la teinte limoniteuse des oolithes normales, mais acquièrent, eux aussi, une teinte gris verdâtre. Les plages en question sont, en outre, légèrement imprégnées de pyrite.

---

(1) Séance du 10 août 1942.

(2) A. Bonte, *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 42, 1941, nº 205, pp. 325-328.

L'analyse microscopique montre que la roche est constituée par l'accumulation de nombreux débris d'organismes, en particulier d'Échinodermes et parfois de Foraminifères, dont les fragments sont plus ou moins finement triturés; le tout est noyé dans un ciment marneux abondant, parfois souillé de grumeaux limoniteux. Les éléments ferrugineux sont, d'une part, des oolithes vraies et, d'autre part, de menus grains irréguliers provenant du remaniement d'un minerai préexistant.

Les oolithes sont particulièrement instructives et il en est de plusieurs types. Les unes, normales et de beaucoup les plus fréquentes, sont entièrement limonitisées, les autres, vertes à l'extérieur, montrent, en coupe mince, un noyau profondément hématisé entouré de zones limoniteuses et, superficiellement, des pellicules corticales chloriteuses.

La limite entre les zones limoniteuse et chloriteuse est parfois nettement tranchée, et le passage de l'une à l'autre se fait alors suivant une surface tout à fait irrégulière : une oolithe hématisée, à contour déchiqueté, est enrobée dans des pellicules de chlorite qui reconstituent ainsi une oolithe normale. Il y a là remaniement et génération tardive de silicate.

Dans d'autres cas la surface de séparation des deux zones a une courbure régulière et le passage de la limonite à la chlorite est progressif, avec chloritisation centripète. L'imprégnation pyriteuse, déjà mentionnée et localisée dans les traînées vertes, n'apparaît, en coupe mince, qu'autour des oolithes chloriteuses de ce deuxième type. Le sulfure de fer se présente sous forme d'auréoles continues ou de fines mouchetures dans la masse même de l'oolithe, si la transformation est complète; au contraire, autour des éléments partiellement chloritisés, la pyrite est strictement localisée suivant des secteurs qui soulignent la région transformée. La présence de pyrite au sein des oolithes n'est pas nouvelle, et M. L. Cayeux l'a déjà signalée à propos des calcaires à oolithes ferrugineuses des Avelas ([3]).

La chloritisation des oolithes limoniteuses est due à un phénomène de réduction localisé qui a permis l'évolution rétrograde des éléments ferrugineux. La présence de granules pyriteux au voisinage des oolithes chloritisées en est une preuve, car on sait que la pyrite des boues bleues se forme en milieu réducteur, sous l'influence de matières organiques en voie de décomposition.

On peut ainsi constater, au moment du dépôt des minerais de fer du Jura, et abstraction faite des nombreuses modifications subies au cours d'épisodes antérieurs, deux phénomènes principaux qui impliquent l'un et l'autre remaniement et libération individuelle des oolithes. C'est, tout d'abord, la production de pellicules corticales chloriteuses tardives dont l'élaboration précède immédiatement la mise en place du sédiment. C'est, surtout, l'évolution rétro-

---

([3]) *Les Minerais de fer oolithique de France*, fasc. II, *Minerais de fer secondaires*, 1922, p. 657.

grade de certaines oolithes qui, déposées dans une boue organique réductrice, ont pu reprendre leur état initial pendant que, dans le même milieu évolutif, des granules de pyrite prenaient naissance par réduction des sulfates en solution.

Le fait essentiel à dégager de ces observations est que des oolithes primitivement chloriteuses peuvent, après transformation en limonite, revenir à leur état originel, si les conditions de milieu s'y prêtent. Cette évolution limonite → chlorite, pour exceptionnelle et localisée qu'elle soit, n'en présente pas moins un gros intérêt, car elle montre que la formation des dépôts marins n'est pas simple et que les réactions qui la régissent peuvent être réversibles.

Enfin la nécessité des remaniements acquiert une importance accrue; quel que soit le sens de l'évolution, la remise en mouvement doit assurer la libération individuelle des éléments ferrugineux dans le milieu évolutif.

La séance est levée à 15h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 AOUT 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. LOUIS DE BROGLIE fait hommage à l'Académie du tome II de son Ouvrage *La Mécanique ondulatoire du photon : une nouvelle théorie de la Lumière.* Dans cet Ouvrage, dont le tome I a paru en 1940, il expose les grandes lignes de la théorie de la Lumière à laquelle il travaille depuis plusieurs années. Tandis que le tome I est consacré à la lumière dans le vide, le tome II traite des interactions entre la lumière et la matière : il est le complément nécessaire du premier et permet de comprendre les raisons profondes des conceptions et des définitions adoptées par l'auteur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les différences divisées.* Note de M. PAUL MONTEL.

1. La formule des accroissements finis relative à la différence divisée du premier ordre d'une fonction d'une variable réelle peut être remplacée, pour une fonction de variable complexe $f(z)$, holomorphe dans un domaine convexe (D), par la formule de Weierstrass

$$\frac{f(z_2)-f(z_1)}{z_2-z_1}=Z_1, \tag{1}$$

Z_1 désignant l'affixe d'un point du domaine de convexité (S_1) associé au domaine (Σ_1) couvert par les valeurs de la dérivée $f'(z)$ lorsque z est dans (D); c'est-à-dire au plus petit domaine convexe (S_1) contenant le domaine (Σ_1).

Lorsque le domaine (Σ_1) est convexe ou lorsque, $f''(z)$ ne s'annulant pas dans (D), z_1 et z_2 sont assez rapprochés, on peut remplacer Z_1 par la valeur $f'(\alpha)$ de la dérivée en un point α de (D) [1]. On retrouve alors la formule

$$\frac{f(z_2)-f(z_1)}{z_2-z_1}=f'(\alpha). \tag{1'}$$

---

[1] PAUL MONTEL, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, 16, 1937, pp. 219-231.

L'inversion de la formule (1′) n'est pas toujours possible pour une fonction de variable réelle. Pour une fonction de variable complexe, M. D. Pompeiu a montré que cette inversion est possible lorsqu'on reste dans le voisinage du point α [2].

J'ai établi la proposition suivante valable pour tout le domaine (D) :

Sur toute courbe fermée (C) *contenue dans* (D) *et contenant* α, *il existe deux points* z_1 *et* z_2 *vérifiant la formule* (1′).

La différence divisée du premier ordre prend, pour les points situés sur une courbe fermée (C) *intérieure à* (D), *les mêmes valeurs que pour les points de la région limitée par* (C) [3].

L'inversion de la formule (1) *n'est pas toujours possible. Les valeurs de la différence divisée du premier ordre couvrent toujours le domaine* (Σ_1) *mais peuvent ne couvrir qu'une partie du domaine* (S_1).

2. Si l'on considère deux fonctions d'une variable réelle, on obtient pour le quotient de leurs différences divisées du premier ordre une formule généralisant celle des accroissements finis. Pour deux fonctions de variable complexe, $f(z)$ et $g(z)$, holomorphes dans un domaine (D), on peut établir le résultat suivant :

Si le domaine couvert par les valeurs de $g(z)$, *par exemple, lorsque* z *est dans* (D), *est convexe ou si, la dérivée* $g'(z)$ *ne s'annulant pas dans* (D), *on considère un domaine* (D′) *intérieur à* (D) *pour lequel cette condition est remplie, on peut écrire la formule*

$$\frac{f(z_2)-f(z_1)}{g(z_2)-g(z_1)}=Z_1, \tag{2}$$

Z_1 *désignant l'affixe d'un point du domaine de convexité* (T_1) *associé au domaine* (Θ_1) *couvert par les valeurs de* $f'(z)/g'(z)$.

Si le domaine (Θ_1) *est convexe ou si, l'expression* $f'g''-g'f''$ *ne s'annulant pas dans* (D′), *les points* z_1 *et* z_2 *sont assez rapprochés, on peut remplacer* Z_1 *par la valeur* $f'(\alpha)/g'(\alpha)$ *du quotient des dérivées en un point* α *de* (D′) *et retrouver la formule*

$$\frac{f(z_2)-f(z_1)}{g(z_2)-g(z_1)}=\frac{f'(\alpha)}{g'(\alpha)}. \tag{2'}$$

L'inversion de la formule (2′) est toujours possible.

Sur toute courbe fermée (C) *contenue dans* (D) *et contenant* α, *il existe deux points* z_1 *et* z_2 *vérifiant la formule* (2′).

Le quotient des différences divisées du premier ordre de deux fonctions prend, pour les points situés sur une courbe fermée (C) *intérieure à* (D), *les mêmes valeurs que pour les points de la région limitée par* (C).

---

[2] *Mathematica*, **17**, 1941, pp. 129-136.

[3] *Annali della Reale Scuola Normale supériore di Pisa*, 2e série, **1**, 1932, pp. 371-384. Voir aussi *Mathematica*, **9**, 1932, pp. 182-183.

3. Désignons par

$$d_k f(z_0) = \frac{f(z_k) - f(z_0)}{z_k - z_0}$$

la différence divisée du premier ordre. Les différences divisées d'ordres supérieurs sont définies par les inégalités

$$d_1 d_2 f(z_0) = d_1[d_2 f(z_0)],$$
$$d_1 d_2 d_3 f(z_0) = d_1[d_2 d_3 f(z_0)],$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$d_1 d_2 \ldots d_p f(z_0) = d_1[d_2 d_3 \ldots d_p f(z_0)].$$

On peut donner, de la différence divisée d'ordre p, l'expression générale

$$d_1 d_2 \ldots d_p f(z_0) = \frac{\Delta_p(f)}{\delta_p},$$

avec

$$\Delta_p(f) = \begin{vmatrix} 1 & z_0 & z_0^2 & \ldots & z_0^{p-1} & f(z_0) \\ 1 & z_1 & z_1^2 & \ldots & z_1^{p-1} & f(z_1) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 1 & z_p & z_p^2 & \ldots & z_p^{p-1} & f(z_p) \end{vmatrix},$$

$$\delta_p = \Delta_p(z^p) = \begin{vmatrix} 1 & z_0 & z_0^2 & \ldots & z_0^{p-1} & z_0^p \\ 1 & z_1 & z_1^2 & \ldots & z_1^{p-1} & z_1^p \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 1 & z_p & z_p^2 & \ldots & z_p^{p-1} & z_p^p \end{vmatrix}.$$

J'ai démontré [1] la formule

$$(3) \qquad d_1 d_2 \ldots d_p f(z_0) = \frac{1}{p!} Z_p,$$

Z_p désignant l'affixe d'un point du domaine de convexité (S_p) associé au domaine (Σ_p) couvert par les valeurs de $f^{(p)}(z)$ lorsque z est dans (D).

Lorsque le domaine (Σ_p) est convexe ou lorsque, $f^{(p+1)}(z)$ ne s'annulant pas dans (D), les points $z_0, z_1, \ldots, z_p$ sont assez rapprochés, on peut remplacer Z_p par une valeur $f^{(p)}(\alpha)$ de la dérivée $f(z)$ pour une valeur α de (D) et obtenir la formule

$$(3') \qquad d_1 d_2 \ldots d_p f(z_0) = \frac{1}{p!} f^{(p)}(\alpha).$$

L'inversion de la formule (3′) est toujours possible.

Sur toute courbe fermée (C) *contenue dans* (D) *et contenant* α, *il existe* $p+1$ *points* $z_0, z_1, \ldots, z_p$ *vérifiant la formule* (3′).

La différence divisée d'ordre p *prend, pour les points situés sur une courbe fermée* (C) *intérieure à* (D), *les mêmes valeurs que pour les points de la région limitée par* (C).

Ces derniers résultats sont également valables pour le quotient de deux différences divisées d'ordre p relatives à deux fonctions $f(z)$ et $g(z)$ holomorphes dans (D) et à un même groupe de $p+1$ valeurs de la variable.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie d'une *Notice sur* Paul Marchal (1862-1942).

M. **Armand de Gramont** fait hommage à l'Académie d'une série de photographies prises par son fils pendant les séances et réunies sous le titre *Académie des Sciences* 1941.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE GRAPHIQUE. — *Détermination graphique du cycle limite solution des équations de relaxation.* Note (¹) de M. **Hippolyte Parodi**.

Depuis 1900, nous utilisons des méthodes d'intégration graphique pour l'étude de la marche des trains (²) et nous avons appliqué ces méthodes au calcul des trajectoires balistiques pendant la guerre 1914-18 (³). Nous allons utiliser les mêmes tracés pour déterminer les solutions de l'équation de relaxation (1) $v(dv/ds)+vf(s)+s=0$. Les solutions de cette équation

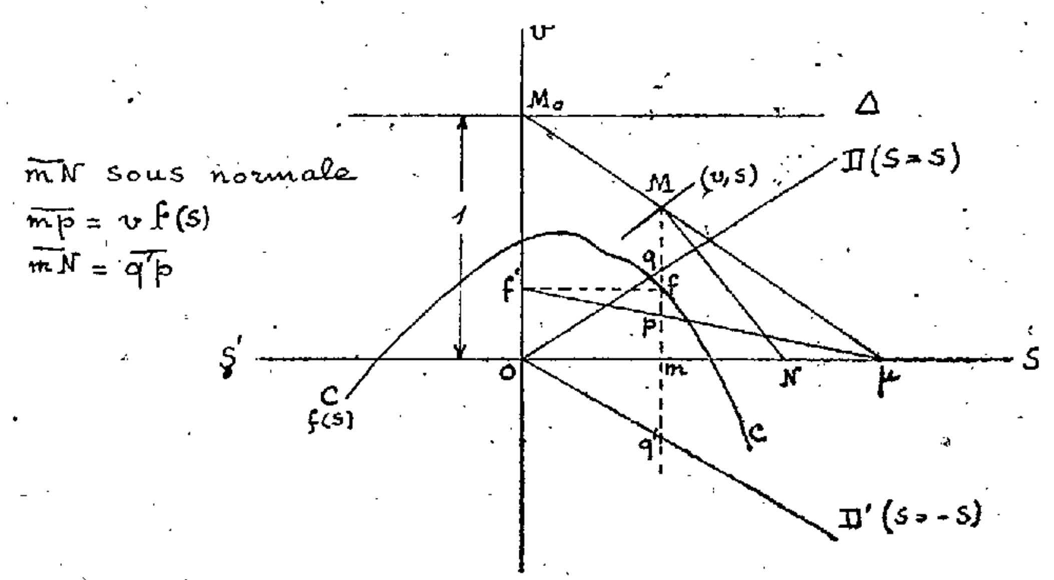


Fig. 1. — Construction de la tangente en M (s, v).

s'obtiennent facilement par détermination graphique de la tangente (*fig.* 1) et du centre de courbure (*fig.* 2) en chaque point du plan, toutes les solutions de (1) passant par ce point ayant une tangente de direction déterminée et une courbure également déterminée. Les figures 1 et 2 montrent comment s'effectue cette construction dans le cas des équations de relaxation, mais la solution serait la même dans le cas de l'équation plus générale $v(dv/ds)+f(v, s)=0$. Nous ne détaillerons pas ces constructions, les indications portées sur les figures précisant les opérations. Contrairement à ce qui se passe dans le cas de la traction où un freinage impératif, en certains points de l'espace, fixe les

(¹) Séance du 18 août 1942.

(²) *Bull. Soc. Int. des Électriciens,* 9, 1909, p. 151.

(³) Charbonnier, *Traité de balistique extérieure,* Paris, 1927, t. I, Chap. II, pp. 350 et 392.

points d'arrêt, l'amplitude des déplacements aller et retour varie à chaque cycle, et les courbes vitesse-espace définies par (1) se présentent sous forme de

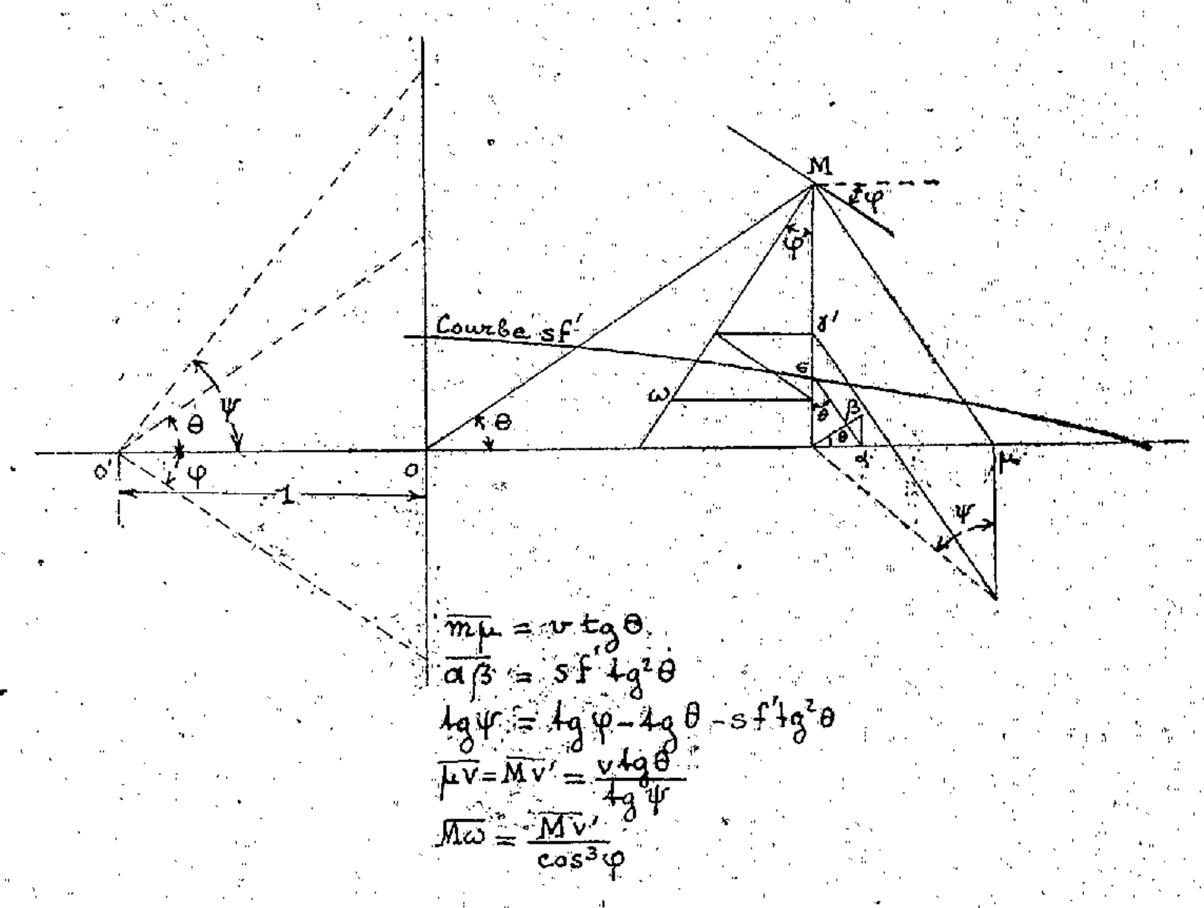


Fig. 2. — Construction du centre de courbure.

spirales d'allure d'autant plus tourmentée que la fonction $f(s)$ est plus compliquée. Un régime stable s'établit cependant pour une certaine valeur de la vitesse initiale, c'est-à-dire de la constante d'intégration. La courbe (v, s) est alors une courbe fermée et la courbe $s = \psi(t)$, déduite de l'équation $v = ds/dt$, est une fonction rigoureusement périodique non amortie. Ce régime stable, correspondant au cycle limite de Poincaré, s'établit quand il y a compensation exacte des pertes par la fourniture d'énergie faite par le réseau (dans le cas de la traction électrique automatique). L'étude des variations, que nous avons déjà faite pour le calcul des horaires [4], prend ici une importance particulière : la variation de vitesse en un point s quelconque, $u\Delta v_0$, correspondant à la variation Δv_0 de la vitesse initiale, est définie par l'équation différentielle $(du/u) - (s\,ds/v^2) = 0$.

Ces variations peuvent être calculées graphiquement comme la vitesse, ainsi qu'il est indiqué figure 3, et être utilisées à la détermination de la vitesse initiale relative au cycle limite. Pour simplifier, nous considérons une fonction $f(s)$ symétrique par rapport à l'axe des vitesses et rencontrant l'axe des espaces en deux points seulement $(s = \pm s_0)$. Nous n'avons, de ce fait, à tracer (*fig.* 4) que la moitié des courbes du parcours C_1, C_2, C_3. Traçant C'_3 symétrique de C_3 par rapport à $s's$, nous trouvons, par intersection de la parallèle à $s's$ menée par V'_3, un point R qui ne se confond avec V_0 que lorsque V_0 est la vitesse correspondant au cycle limite, que nous cherchons en déterminant la tangente

---

[4] H. Parodi, *La traction électrique et le chemin de fer*, Paris, 1935, t. I, p. 147.

en R à la courbe lieu de R (en utilisant la méthode des variations), puis en déterminant plusieurs points R correspondant à différentes vitesses initiales V_0

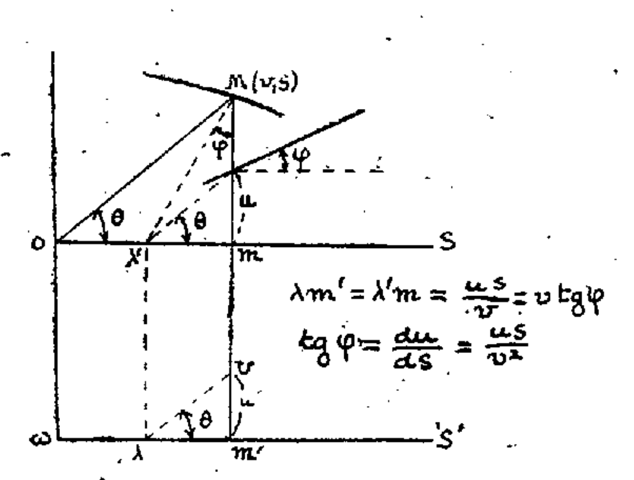


Fig. 3. — Construction de la courbe des variations.

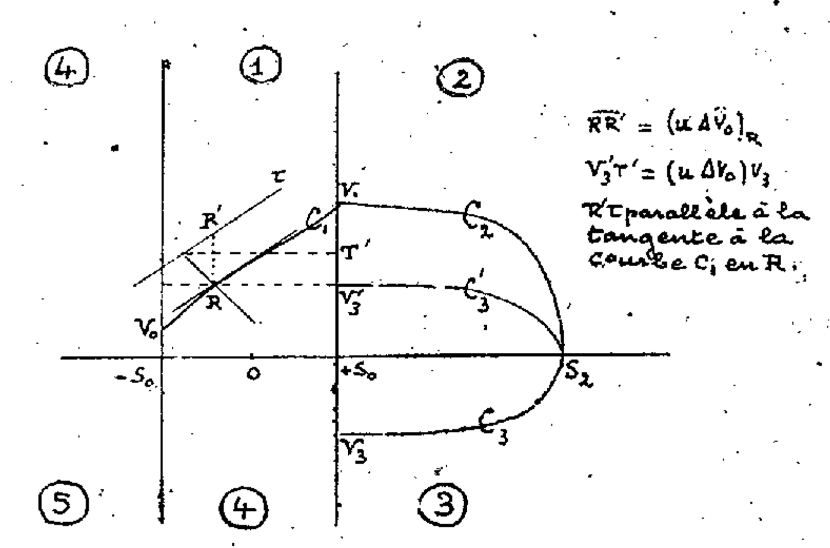


Fig. 4. — Construction du cycle limite.

choisies en tenant compte de l'inclinaison de la tangente en chaque point. Nous continuons par tâtonnements jusqu'à ce que l'on trouve un point R à gauche de $s = -s_0$, si les points R initiaux étaient à droite ou inversement.

HYDRAULIQUE. — *Sur le principe du maximum de débit d'un déversoir à seuil épais.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans cette Note nous nous proposons de compléter, par des considérations relatives à la détermination du plan d'eau aval, la théorie de Bélanger connue sous le nom de principe du maximum de débit.

Considérons le déversement plan sur un seuil horizontal, assez épais pour que les filets liquides demeurent sensiblement horizontaux dans une certaine région : l'application de l'équation de Bernoulli entre la section amont S_1 et une section S de cette zone, donne pour le débit q par unité de largeur

$$q = h\sqrt{2g(H_1 - h)}, \tag{1}$$

H_1 désignant la charge totale dans la section S_1, comptée au-dessus du seuil, les autres notations étant celles de la figure 1.

Bélanger suppose que, pour $h_2 \geqq 2H_1/3$, on a $h = h_2$, c'est-à-dire que le niveau est sensiblement à la même cote dans les sections S et S_2, mais qu'au contraire, pour $h_2 < 2H_1/3$, h se fixe à la valeur $2H_1/3$, qui correspond au maximum $0{,}385\,H_1\sqrt{2gH_1}$ de l'expression (1) du débit q.

En fait l'hypothèse $h = h_2$, pour $h \geqq 2H_1/3$, est inexacte, car il se produit, entre S et S_2, et surtout entre S'' et S_2, une variation de profondeur et un élargissement brusque du courant à grande vitesse. L'équation de continuité et l'équation d'Euler, appliquées entre les sections S et S_2, s'écrivent

$$q = hu = (h_2 + p)u_2,$$

$$\rho q(u_2 - u) = \frac{\varpi h^2}{2} + \varpi\left(h'' + \frac{p}{2}\right)p - \frac{\varpi(h_2 + p)^2}{2}.$$

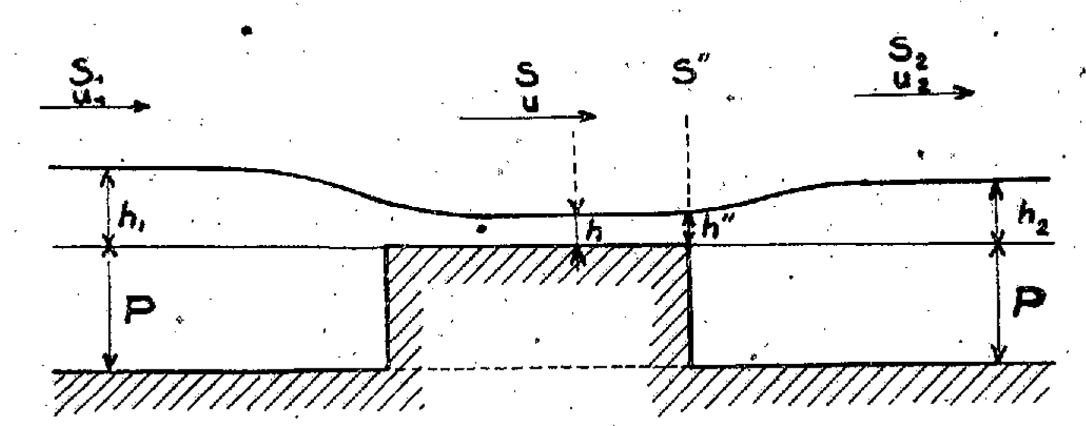
On en déduit la relation suivante, permettant de calculer h_2, en fonction de q, h, h'', par approximations successives,

$$(2)\qquad \frac{2q^2}{gh}+h^2+(2h''+p)p=\frac{2q^2}{g(h_2+p)}+(h_2+p)^2.$$

En particulier, si l'on admet, comme dans la théorie de Bélanger, que le débit devient indépendant du niveau aval pour $h=2\mathrm{H}_1/3=h''$, la valeur limite correspondante de h_2, que nous appellerons $h_{2\mathrm{L}}$, est fournie par la relation

$$(3)\qquad \frac{8\mathrm{H}_1^2}{9}+\left(\frac{2\mathrm{H}_1}{3}+p\right)^2=\frac{16}{27}\frac{\mathrm{H}_1^3}{h_{2\mathrm{L}}+p}+(h_{2\mathrm{L}}+p)^2.$$

Nous avons effectué, dans un canal de 20^{cm} de largeur, sur un seuil épais de 40^{cm}, pour lequel p égale $15^{\mathrm{cm}},5$, une série de quatre expériences déterminant, pour quatre valeurs distinctes du débit q, les valeurs limites h_{L}, h''_{L}, $h_{2\mathrm{L}}$,



de h, h'', h_2, pour lesquelles le débit devient indépendant du niveau aval. Nous avons comparé les valeurs expérimentales aux valeurs théoriques, c'est-à-dire le coefficient de débit m à 0,385, h_{L} et h''_{L}, à $2\mathrm{H}_1/3$ et $h_{2\mathrm{L}}$, à la valeur calculée au moyen de l'équation (3) : le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

q l/sec par m.	m.	$\frac{2\mathrm{H}_1}{3}$ cm.	h_{L} mesuré cm.	h''_{L} mesuré cm.	$h_{2\mathrm{L}}$ calculé cm.	$h_{2\mathrm{L}}$ mesuré cm.
57,5..........	0,370	7,13	6,75	7,65	8,71	8,75
42,75..........	0,377	5,80	5,40	6,05	6,95	7,05
32,1..........	0,372	4,83	4,90	5,00	5,70	5,70
25,35..........	0,376	4,08	4,05	4,20	4,78	4,80

Le coefficient m est très voisin de 0,385 et légèrement inférieur. h_{L} est sensiblement égal à $2\mathrm{H}_1/3$ pour les faibles débits et un peu inférieur pour les autres. La limite $h_{2\mathrm{L}}$ est très supérieure à $2\mathrm{H}_1/3$ et coïncide, par contre, fort bien avec la valeur calculée au moyen de l'équation (3).

Remarquons enfin que le niveau s'élève progressivement, comme le montre le tableau précédent, sur lequel on a constamment $h''_{\mathrm{L}} > h_{\mathrm{L}}$. Notons d'ailleurs que, si on applique l'équation (2), à la limite, c'est-à-dire en remplaçant h et h'' par les valeurs mesurées de h_{L} et de h''_{L}, les valeurs de $h_{2\mathrm{L}}$ fournies par cette équation concordent très exactement avec les résultats expérimentaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la fixation d'oxygène par les diènes.* Note de M. **René Jacquemain**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai déjà indiqué qu'il est nécessaire d'opérer à l'abri de l'air et de la lumière pour isoler à l'état pur d'une part les diols bitertiaires dérivés du diacétone alcool (¹), ou les alcools éthyléniques dérivés de l'oxyde de mésityle (²), et d'autre part les diènes obtenus par déshydratation de ces alcools (³).

Les difficultés rencontrées lorsqu'on opère dans les conditions habituelles, c'est-à-dire à l'air et à la lumière, sont dues à la formation d'un peroxyde résultant de la fixation de l'oxygène sur le diène. La formation de ce peroxyde a été mise en évidence par agitation prolongée du 2.4-diméthylpentadiène (1.3) dans l'oxygène. Une étude systématique de la réaction m'a permis de constater :

1° que la vitesse de formation dépend de la température et de la densité de la lumière en rayons ultraviolets;

2° que la réaction présente le phénomène d'autocatalyse;

3° qu'elle semble assez peu influencée par la pression.

Influence de la température. — Lorsqu'on opère à la température et à la lumière du laboratoire, on peut fixer environ une molécule d'oxygène sur une molécule de diène; ce résultat étant approximativement atteint à 18° au bout de 80 à 90 jours. A chaud, la fixation est beaucoup plus rapide, mais elle n'est plus totale :

à 30-32°,	après 10 jours, elle est de	66 %
45-48°,	» 48 heures, »	66
60-63°,	» 24 » , »	18

Les pourcentages indiqués sont des limites au delà desquelles l'absorption devient pratiquement nulle.

Pour expliquer cette fixation incomplète à chaud ainsi que l'abaissement de la limite d'absorption au-dessus d'une certaine température, on peut supposer qu'il s'agit d'un peroxyde dissociable sous l'influence de la chaleur, ce qui n'a pas été confirmé par l'expérience, aux températures indiquées tout au moins.

Influence de la lumière. — En conduisant parallèlement deux essais à 40° : l'un à l'obscurité, l'autre soumis à l'action des rayons ultraviolets émis par une lampe spéciale, on constate qu'à l'obscurité, après 15 heures, la fixation est pratiquement nulle, tandis qu'à la lumière ultraviolette elle est de 50 % au bout du même temps.

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1315.
(²) *Ibid.*, 198, 1934, p. 482.
(³) *Ibid.*, 215, 1942, p. 179.

Autocatalyse. — Si l'on agite en présence d'oxygène du diène préalablement additionné de peroxyde, la vitesse de fixation est dès le début égale à celle d'une réaction ordinaire qui a atteint le moment où le diène a déjà absorbé une quantité d'oxygène égale à celle qu'a apportée le peroxyde, ce qui prouve l'autocatalyse. Cette autocatalyse cesse pour une teneur en peroxyde au delà de laquelle l'oxydation est pratiquement nulle. Cette teneur dépend de la température.

Pression. — L'influence de la pression a été étudiée en opérant sous 100 et 150^{cm} de mercure; elle ne semble favoriser que fort peu la fixation, ce qui laisse supposer que l'oxydation se fait en phase gazeuse.

Propriétés du peroxyde. — Le peroxyde n'a pu être isolé à l'état pur par suite de ses propriétés explosives qui interdisent toute purification par distillation. Sous l'influence d'un chauffage prolongé vers 80°, il se décompose en formant le dimère $C^{14}H^{24}$ déjà obtenu par Grignard (⁴) par condensation sulfurique du diméthylpentadiène; il se forme un peu de gaz contenant de l'oxygène libre.

Par chauffage vers 100-120°, il y a décomposition violente avec formation de formol, d'acétone et d'acide formique, ce qui laisse supposer que le peroxyde possède une des deux formules

$$\begin{array}{ccccc} & CH^3 & & CH^3 & \\ & | & & | & \\ CH^3- & C & -CH= & C & -CH^2 \\ & | & & & | \\ & O & - & - & O \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH^3-C(CH^3)-CH=C(CH^3)-CH^2 \\ \quad | \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ \quad O \qquad\qquad\qquad\qquad\; O \\ \quad | \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ \quad O \qquad\qquad\qquad\qquad\; O \\ \quad | \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ CH^3-C(CH^3)-CH=C(CH^3)-CH^2 \end{array}$$

Lorsqu'on porte à l'ébullition un des alcools dérivant de l'oxyde de mésityle ou du diacétone alcool avec une très petite quantité de peroxyde, la déshydratation est rapide; de même, par chauffage d'un diène avec le peroxyde correspondant, on observe une très rapide dimérisation, ce qui explique les difficultés signalées au début de cette Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de quelques thiols et thio-éthers alicycliques.* Note de M. **Max Mousseron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans la série alicyclique, on ne trouve que peu de dérivés contenant du soufre (¹), aussi nous a-t-il paru intéressant d'étudier quelques thiols et thioéthers.

(⁴) V. Grignard, *Ann. de Chimie*, 7e série, 24, 1901, p. 477.

(¹) Borsche et Lange, *Ber. d. chem. Ges.*, 39, 1906, p. 392; Mailhe et Murat, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 7, 1910, p. 288.

I. *Thiols.* — Ils ont été préparés par addition de soufre aux magnésiens en ayant soin de refroidir et en versant lentement le soufre; les méthyl-3 cyclohexane thiols stéréoisomères sont obtenus à partir des méthyl-3 chlorocyclohexanes isolés après action de ClH ou PCl^5 sur le méthyl-3 cyclohexanol *trans* (2).

Nous avons été amené à déterminer l'incrément du soufre pour le radical sulfhydryle, qui est voisin de 6,6.

Après rectification très soignée, divers thiols nouveaux ont pu être séparés :

	$É_{760}$.	n_D^{25}.	d_{25}.	$[\alpha]_{546}$.
Cyclopentylméthanethiol	170°	1,4770	0,911	
Méthyl-3 cyclopentylméthanethiol	180	1,4675	0,928	
» cyclohexanethiol *cis*	165	1,4647	0,916	−2°,24
» » *trans*	171	1,4663	0,914	+5,50
» cyclohexylméthanethiol	190	1,4729	0,932	
Décahydronaphtalènethiol-2	122 (20)	1,5110	0,980	

Les deux thiols actifs possèdent une activité optique différente de celle des cyclanols correspondants : $[\alpha]_{546}$ — 4°,08 (*trans*); — 7°,28 (*cis*).

II. *Thio-éthers.* — Ces composés ont été obtenus par action d'un halogénure d'alcoyle, soit sur le magnésien traité au préalable par le soufre, soit sur le thiol sodé à l'amidure de sodium en milieu éthéré ou benzénique; il a été possible d'isoler par fractionnement certains disulfures :

	$É_{760}$.	n_D^{25}.	d_{25}.	$[\alpha]_{546}$.
Méthylthio (méthyl-3 cyclohexane) *cis*	184°	1,4825	0,923	−6°,10
» (» ») *trans*	186	1,4845	0,922	+1,45
Méthylthiodécahydronaphtalène-2	240	1,4988	0,964	−
(Méthyl-3′ cyclohexyl) dithiométhyl-3 cyclohexane *trans*	198 (20)	1,5050	0,948	−8,10
(Décahydronaphtyl-2′) dithiodécahydronaphtalène-2	230 (20)	1,5437	1,022	−

Nous avons désiré comparer les thio-éthers aux éthers méthyl-3 cyclohexaniques actifs correspondants, étendant ainsi divers travaux; l'alcool est sodé à l'amidure, puis traité par le sulfate de méthyle, le bromure d'éthyle, selon Le Bihan (3).

Les deux diméthoxy-1.2 cyclohexanes sont obtenus suivant la technique de Sabetay et Palfray (4), par action des diols sur l'iodure de méthyle en présence d'oxyde d'argent desséché à basse température.

---

(2) MOUSSERON et GRANGER, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1486.
(3) *Thèse Université* (*Sciences*), Nancy, 1927.
(4) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 897.

	$É_{760}$.	n_D^{25}.	d_{25}.	$[\alpha]_{546}$.
Méthyl-3 méthoxycyclohexane *cis*	150°	1,4358	0,867	—20°,30
» » *trans*	151	1,4362	0,866	—13,42
» éthoxycyclohexane *trans*	162	1,4395	0,863	—11,65
» propoxycyclohexane *trans*	171	1,4489	0,896	— 7,84
» isopropoxycyclohexane *trans*	173	1,4562	0,915	— 4,70
Diméthoxy-1.2 cyclohexane *cis*	132	1,4592	0,972	—
» » *trans*	135	1,4581	0,971	—

La configuration spatiale des diméthoxycyclohexanes a été établie par passage aux diols; il a été en outre montré que l'amidure de sodium ne provoquait aucun changement stéréochimique.

Les thio-éthers sont moins actifs que les éthers, ces derniers étant plus actifs que l'alcool, parallèlement à ce qui avait été trouvé pour les dérivés de substitution dans la série de l'amino-2 cyclohexanol ([5]).

III. *Épithio-1.2 cyclohexane*

CH²
H²C CH
>S
H²C CH
CH²

Ce composé a été préparé par action du sulfure de sodium renfermant une faible proportion de sulfhydrate sur le dithiocyanocyclohexane, selon la technique de Delépine ([6]). Après entraînement à la vapeur d'eau, on isole par centrifugation un liquide indistillable, n_D^{25} 1,5318; d_{25} 1,053; S trouvé 27,7 %; S calculé 28 %.

Le traitement de l'époxycyclohexane par le pentasulfure de phosphore en milieu benzénique à froid ou à chaud, conduit à divers polymères de l'épithio-1.2 cyclohexane à solubilité différente dans le benzène, éther de pétrole, à teneur en soufre voisin de la théorie, et dont l'un d'eux se décompose vers 165°.

ZOOLOGIE. — *État pair de la neuracanthe des métamères antérieurs et inégalité métamérique et hémisomatique de la potentialité d'ossification des éléments arcuaux, chez* Clupea harengus. Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

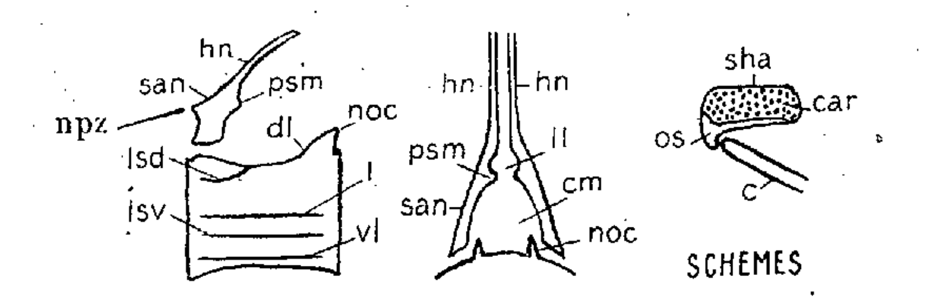
Les observations qui suivent ont été effectuées sur plusieurs *Clupea harengus* L., mesurant environ 25^cm de longueur totale; elles sont résumées d'après un spécimen à 55 vertèbres, non compris le complexe urostylique.

([5]) Godchot, Mousseron et Granger, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1511.
([6]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **24**, 1920, p. 740.

Les crêtes des centra sont au nombre de 16. Aucun centrum ne les présente en totalité; certaines de ces crêtes apparaissent et d'autres disparaissent, à partir de tel ou tel métamère. La latérale (*l*) est constante.

L'arc neural s'insère invariablement entre la crête dorso-latérale (*dl*) et la latéro-subdorsale (*lsd*); l'arc hémal, entre la ventro-latérale (*vl*) et la latéro-subdorsale (*lsv*).

La neuropisthozygapophyse (*noc*) est centrique; elle est formée par la crête dorso-latérale. La neuroprozygapophyse (*npz*) appartient à l'arc neural.



L'arc neural est intégralement constitué, dès le premier métamère; mais les deux demi-arcs (*san*) ne sont coossifiés, ni entre eux, ni avec le centrum. La neuracanthe est représentée par une paire d'hémineuracanthes (*hn*), reliées l'une à l'autre par le conjonctif. Ce n'est qu'à compter de la vertèbre 27 que les demis-arcs neuraux se coossifient avec le centrum. Quant aux hémineuracanthes, elles conservent leur indépendance réciproque jusqu'à la vertèbre 30, et ce n'est qu'à compter de la vertèbre 31 que la neuracanthe existe en tant qu'os impair et médian, fruit de la coossification des deux hémineuracanthes concomitantes.

Jusqu'à la vertèbre 30, il existe un pont supra-médullaire (*psm*), interposé entre le canal logeant le ligament longitudinal (*ll*) et le canal médullaire (*cm*). Ce pont est formé par une paire de processus symétriques. De structure cartilagineuse, aux vertèbres antérieures, ces processus s'ossifient aux vertèbres suivantes. A compter de la vertèbre 30, le pont supra-médullaire n'est plus représenté que par deux apophyses, respectivement inhérentes au bord caudal de chaque demi-arc.

L'arc hémal et la première paire de côtes apparaissent à la vertèbre 3. L'arc hémal est encore représenté par une paire de demi-arcs (*sah*), totalement indépendants l'un de l'autre et que seul un conjonctif serré attache au centrum. Ces demi-arcs hémaux sont de structure cartilagineuse (*car*), sauf dans leur partie distale, où ils s'ossifient (*os*), à proximité immédiate de l'insertion de la côte (*c*). De l'avant vers l'arrière du rachis, l'ossification envahit progressivement le demi-arc; elle devient totale à la vertèbre 24. Alors seulement, le demi-arc hémal fait corps avec le centrum et émet une apophyse transverse, qui constitue l'une des deux moitiés du pont hypoaortique. A compter du métamère 24, ce pont devient continu, par l'effet de la coossification des deux apophyses symétriques. Fréquemment, à ce niveau métamérique, l'un des

deux demi-arcs est seul intégralement ossifié; l'extrémité distale de son apophyse transverse ne dépasse jamais le plan de symétrie bilatérale. Le demi-arc concomitant, resté partiellement cartilagineux, conserve sa liberté et n'émet pas d'apophyse transverse.

Les côtes sont au nombre de 32 paires; la dernière paire appartient à la vertèbre 35.

Conclusions. — 1° Bien qu'universellement tenue jusqu'ici comme impaire et médiane, la neuracanthe constitue, en réalité et à l'instar de l'hémacanthe, un élément rachidien originairement pair. Elle est susceptible de conserver cet état, la vie durant, dans les métamères les plus rapprochés du crâne (*Clupea*, *Sardina*, *Sardinella*, *Alosa*). Ce ne peut être qu'en vertu d'un phénomène de tachygénèse que la neuracanthe se montre d'ordinaire impaire et médiane, même à l'état d'ébauche prochondrale ou mésenchymateuse. 2° Le processus d'ossification des éléments arcuaux (ponts supra-médullaires, demi-arcs hémaux) débute à l'arrière du rachis et progresse vers l'avant. 3° Les potentialités d'ossification ne sont pas toujours égales entre les hémisomes, à un même niveau métamérique. 4° L'ossification du demi-arc hémal progresse en direction axipète et cela, fait remarquable, à l'opposé des côtes, dont il est établi que l'ossification progresse en direction axifuge ([1]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le vanadium chez les Invertébrés.* Note de M. Didier Bertrand, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai eu l'occasion ([1]) de montrer l'intérêt qu'il y a de savoir si le vanadium existe normalement dans la série animale, et j'ai déjà pu conclure par l'affirmative pour les Vertébrés. Si, jusque-là, on ne savait pas grand'chose concernant la présence de ce métal chez les Vertébrés, il est permis de dire que l'on ne savait pour ainsi dire rien pour les Invertébrés (non compris les Prochordés dont font partie les Ascidies chez lesquelles le vanadium a été découvert par Henze ([2]). Il n'avait en effet été signalé que dans deux cas, dans un Mollusque (*Pleurobranchus plumula*) par Webb ([3]), et dans une Holothurie américaine (*Stichopus möbii*) par Phillips ([4]), et ces deux auteurs ne l'avaient pas trouvé dans quelques autres animaux.

Pour toutes les analyses dont les résultats sont exposés dans le tableau

---

([1]) S. W. Emelianov, *Zoologische Jahrbücher*, 60, 1935, pp. 133-262.

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 150.
([2]) *Zeits. f. Physiol. Chem.*, 72, 1911, p. 494.
([3]) *Sci. Proc. R. Dublin Soc.*, 21, 1937, p. 487.
([4]) *Amer. J. Sci.*, 46, 1918, p. 473.

ci-après, j'ai suivi la méthode déjà employée pour les Vertébrés [1]. Sauf dans le cas de *Plumatella fungosa* (heureusement relativement riche en vanadium), dont je n'ai pu avoir que 1g de matière sèche (matière sèche à 105°), le poids de celle-ci est resté en général de l'ordre de 50g, de façon à rendre les résultats comparables entre eux et avec ceux des Vertébrés. Le choix des animaux a été fait de façon à avoir des représentants aussi variés que possible des différentes classes de l'échelle zoologique. Les échantillons ont été lavés (les animaux marins avec de l'eau de mer qui est très pauvre en vanadium) et soit mis à jeûner, de façon que leurs intestins soient vides, soit disséqués et nettoyés. Le Ver à soie, dont l'intestin est vide avant la transformation en chrysalide, et l'Abeille, où la contamination du tube digestif par des débris végétaux n'était pas à craindre, ont été choisis pour ces raisons comme représentants des Insectes. Autant que dans le cas des Vertébrés, il serait intéressant de multiplier les analyses, mais les difficultés analytiques et les circonstances actuelles rendent cette extension difficile; néanmoins il semble que les échantillons aient été suffisamment variés et nombreux pour qu'il soit déjà possible d'en tirer une conclusion d'ordre général.

	Mat. sèche % de mat. fraîche.	V en mg par kg sec.
Spongiaires		
Ficulina ficus	20,0	1,7
Cœlentérés		
Cnidaires. Anémone de mer (*Anemonia sulcata* Pennant), 31 animaux analysés	20,2	2,3
Échinodermes		
Stellérides. Étoile de mer (*Asterias marthasterias glacialis* Linné), 1 animal analysé. Manteau seul	34,2	2,8
Animal sans manteau	25,0	3,0
Échinides. Oursin (*Paracentrotus lividus*), sans le squelette, 24 animaux analysés	12,5	0,8
Holothurides. Holothurie (*Cucumaria lefevrei*)	18,2	1,0
Bryozoaires		
Phylactomides. *Plumatella fungosa*	–	16,8
Annélides		
Polychètes. *Perinereis cultrifera*, 145 animaux analysés	24,6	0,7
Ver de sable (*Arenicola marine*), 38 » »	13,5	1,8
Mollusques		
Gastéropodes prosobranches. Patelle (*Patella vulgata*), sans coquille, 20 animaux analysés	26,1	0,1
Gastéropodes pulmonés. Escargot de jardin (*Helix pomatia*), sans coquille, 31 animaux analysés	13,4	0,5
Céphalopodes. Calmar (*Loligo*), 1 animal analysé	22,8	0,4

	Mat. sèche % de mat. fraîche.	V en mg par kg sec.
Lamellibranches. Moules, sans coquille, 276 anim. anal.	24,9	1,2
» Gryphées, » , 50 »	9,7	1,3
Arthropodes		
Crustacés. Crabe (*Carcinus mænas*), 10 an. entiers anal.	32,8	0,4
» Anatife (*Lepas anatifera*), entiers	42,8	1,2
Hexapodes. Ver à soie (chrysalide), 150 anim. analysés.	—	0,14
» Abeille domestique, 2160 »	31,2	0,16

Le vanadium a été trouvé dans tous les cas et, dans l'ensemble, les chiffres sont nettement plus élevés que pour les Vertébrés (¹). On peut aussi faire remarquer que les deux échantillons d'Insectes ont été relativement pauvres, suivant en cela les faits mis en évidence chez les Hexapodes pour plusieurs autres oligoéléments.

Conclusion. — En conclusion il est permis de dire que le vanadium existe normalement chez les Invertébrés et, semble-t-il, en quantité plus grande que chez les Vertébrés.

La séance est levée à 15^h45^m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1942.

Travaux de l'Institut océanographique de l'Indochine publiés sous la direction de Armand Krempf et Pierre Chevey. 5e Mémoire. *La Pêche dans les eaux douces du Cambodge*, par P. CHEVEY et F. LE POULAIN. I. Texte et planches. II. Cartes. Saïgon, Gouvernement général de l'Indochine, 1940; 1 vol. et un recueil de 7 cartes, $31^{cm},5$.

Considérations sur la métamorphose morphologique et physiologique de la cellule humaine, par RAOUL ESTRIPEAUT. Paris, N. Maloine et Cie, 1942; 1 vol. $18^{cm},7$.

La mécanique ondulatoire du photon. Une nouvelle théorie de la lumière, par LOUIS DE BROGLIE. Tome II. *Les interactions entre les photons et la matière*. Paris, Hermann et Cie, 1942; 1 vol. $25^{cm},5$.

Notice sur Paul Marchal, par MAURICE CAULLERY. Extrait du *Bulletin de la Société zoologique de France*. Tome LXVII, 1942; 1 fasc. 25^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 SEPTEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 28 août 1942, à Lezoux, Puy-de-Dôme, de **Edmond Rothé**, professeur honoraire de Physique du Globe à l'Université de Strasbourg, Secrétaire général pour la Sismologie de la *Section française* de l'*Union internationale de Physique du Globe*, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Astronomie depuis 1938.

Notice sur la vie et les travaux de Charles Eugène Guye,
par M. **Louis de Broglie**.

Charles Eugène Guye, qui, depuis le 24 janvier 1927, était Correspondant pour la Section de Physique générale, est mort à Genève le 15 juillet 1942. De nationalité suisse, il était né à Saint-Christophe, dans le canton de Vaud, le 15 octobre 1866. Il avait fait toutes ses études à Genève, où devait se dérouler la majeure partie de sa carrière scientifique. Élève des physiciens Jacques-Louis et Charles Soret, il obtint le doctorat ès sciences physiques de l'Université de Genève en 1889, avec une Thèse sur *La polarisation rotatoire du chlorate de soude cristallisé*. Après avoir été assistant, puis privat-docent à la Faculté des Sciences de Genève, il fut pendant quelques années, de 1894 à 1900, professeur à l'École Polytechnique de Zurich. Dans cette période de sa vie ses travaux portèrent surtout sur des questions d'Électrotechnique, science qui était alors en plein développement.

L'étude des courants alternatifs et en particulier des courants polyphasés et celle des phénomènes d'hystérésis retinrent longuement son attention, et il a publié dans nos *Comptes rendus* de nombreuses Notes sur ces questions. En 1900, il revint à Genève comme professeur ordinaire de Physique expérimentale, poste qu'il occupa jusqu'à sa retraite en 1930; il fut même quelque temps Doyen de la Faculté des Sciences de Genève, où son frère, Philippe Guye, qui fut également Correspondant de notre Académie, enseignait la Chimie.

A Genève Ch. E. Guye exécuta une longue série de remarquables travaux

sur les arcs électriques et les potentiels explosifs. Il a fait sur ces sujets un très grand nombre de publications, notamment dans nos *Comptes rendus*. On lui doit en particulier d'avoir bien précisé le phénomène de la rotation spontanée des arcs électriques, phénomène dont il a su tirer d'importantes applications pour la mesure du diamètre des molécules. Le frottement intérieur des corps solides a fait aussi l'objet de ses recherches. Mais les travaux les plus célèbres accomplis par Guye, ceux qui ont établi solidement sa réputation d'habile expérimentateur parmi les physiciens du monde entier, sont ceux qu'il a consacrés à la vérification expérimentale de la loi proposée par H. A. Lorentz en accord avec le principe de Relativité pour représenter la variation de la masse de l'électron en fonction de sa vitesse. Cette question de la variation de la masse de l'électron avec sa vitesse a soulevé vers 1905 de très vives discussions dans les milieux scientifiques : on en retrouve les échos dans le fameux livre d'Henri Poincaré *Science et Méthode*. Elle s'apparentait aux difficultés rencontrées dans le développement de l'Électrodynamique des corps en mouvement et aux diverses tentatives faites pour lever ces difficultés, tentatives qui devaient aboutir à la constitution de la théorie de la Relativité. On espérait, en précisant la variation de la masse de l'électron, parvenir à décider si cette masse est ou non d'origine purement électromagnétique, espoir dont le développement des conceptions relativistes a depuis montré la vanité. Les théoriciens avaient, en partant d'hypothèses différentes, proposé plusieurs formules pour représenter cette variation de la masse : l'une d'elles, celle de Max Abraham, fondée sur l'hypothèse de l'indéformabilité de l'électron, avait paru confirmée par certaines expériences, notamment par celles de Kauffmann. Mais H. A. Lorentz, en s'appuyant sur l'idée de la contraction longitudinale de l'électron, avait proposé une autre formule dont la théorie de la Relativité avait ensuite montré la grande portée théorique. Toutes les recherches expérimentales faites avant celles de Guye étaient en somme imprécises et aucune n'avait pu réellement trancher la question.

Dans une longue série de travaux qui lui demandèrent des années, Guye a apporté des preuves expérimentales tout à fait décisives en faveur de la formule de Lorentz.

Dans un long et beau Mémoire, publié en 1921 dans la collection des *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève* en collaboration avec MM. Ratnowsky et Lavanchy, il a résumé tout l'ensemble de ses recherches. Grâce à l'emploi d'ingénieux artifices, et en particulier d'une méthode de déviation constante, il a réussi à éliminer les principales causes d'erreur dont étaient affectées les méthodes antérieurement employées. Aussi a-t-il pu finalement conclure à la fin de son Mémoire en faveur de la formule de Lorentz, qui s'accorde, dit-il, incomparablement mieux avec les résultats expérimentaux que celle d'Abraham. Toutes les méthodes très nombreuses qui permettent aujourd'hui d'atteindre plus ou moins directement la

variation de la masse de l'électron avec sa vitesse confirment les conclusions de Guye. Ces longues et difficiles expériences, qui mettaient un point final à d'anciennes controverses, furent très remarquées du monde savant : elles ont assuré à Guye une place des plus distinguées parmi les physiciens de notre temps.

Esprit cultivé, Charles Eugène Guye avait beaucoup de goût pour les idées générales. Il aimait à exposer sous une forme simple, quoique précise, les conceptions fondamentales de la Physique moderne, auxquelles il avait longuement réfléchi. Dans un petit livre publié à Paris en 1922 sous le titre *L'Évolution physicochimique*, il a fait un tableau très remarquable du développement de la Thermodynamique statistique : on doit y admirer non seulement la clarté de l'exposition, mais la profondeur des vues philosophiques dont elle est émaillée. En dehors même du domaine physicochimique, Guye s'intéressait aussi à d'autres branches de la Science et notamment à la Biologie. A l'occasion des problèmes qui s'y posent, il ne dédaignait pas de méditer parfois sur leurs aspects philosophiques ou même moraux. C'est ce qu'on peut voir en particulier par la lecture d'une de ses dernières œuvres, un petit livre intitulé *Les limites de la Physique et de la Biologie* paru à Genève en 1936 où il soutient, en l'envisageant sous tous ses aspects, une curieuse théorie moléculaire de la vie, faisant jouer un rôle capital à la complexité et à la dissymétrie des molécules qui constituent la matière vivante. La question du déterminisme des phénomènes physiques ou biologiques l'avait beaucoup préoccupé et il y est plusieurs fois revenu dans ses Ouvrages.

Guye aimait beaucoup la France. Il avait publié une partie importante de ses recherches dans les périodiques français, notamment dans nos *Comptes rendus*; il se plaisait à citer les travaux de nos savants et sa pensée, par la forme comme par le fond, portait fortement l'empreinte de la culture française. Aussi avait-il toujours reçu avec beaucoup de plaisir les marques d'estime qui lui vinrent de chez nous telles, par exemple, que le grade de docteur *honoris causâ* de l'Université de Paris et le titre de Correspondant de notre Académie. De son affection pour la France et pour ses grandes institutions, nous venons de recevoir une marque posthume, puisque nous venons d'apprendre qu'il a fait à notre Compagnie un legs important en vue de la création de divers prix.

C'était un homme très fin, d'une extrême courtoisie : la distinction de sa personne égalait celle de sa pensée. Tous ceux qui l'ont connu en garderont le plus agréable souvenir. Avec lui disparaît un physicien de grand mérite, un penseur éminent, un fidèle ami de la France.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Les répercussions de l'activité solaire ou cosmique sur certains phénomènes de biologie végétale.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

La vie biologique terrestre, sous l'influence de l'activité solaire, source principale, directe ou indirecte, de toute énergie à la surface du globe, doit se ressentir, sous quelque forme, des variations de cette activité, parmi lesquelles la plus connue, ou pour mieux dire la seule connue actuellement, est la variation undécennale. Il est à peine utile de rappeler que c'est précisément par la répercussion de cette variation d'activité sur certaines cultures qu'elle fut découverte au siècle dernier. Un amateur d'astronomie ayant eu l'idée de faire une statistique sur le prix du blé en Angleterre, constata une variation périodique de onze ans, fonction de l'abondance des récoltes, et qu'il attribua à une variation éventuelle de l'activité solaire. Ce fut là le point de départ des études scientifiques qui conduisirent à la confirmation de ce point de vue, et à toutes les précisions qu'ont données les observations astronomiques. On a mis en évidence, depuis, d'autres répercussions, dont certaines sont des plus curieuses. On a constaté, par exemple, que le niveau de certains lacs présentait des oscillations en concordance avec la période solaire.

Que la variation undécennale de l'activité solaire ait un retentissement sur la vie biologique des êtres organisés, il n'y a là rien que de très naturel, malgré que, dans bien des cas, en raison de la faiblesse de l'influence exercée, celle-ci puisse ne pas être constatable ou difficile à isoler. Certains sont allés très loin dans cette voie, trop loin sans doute, en attribuant à ces variations une influence importante dans la vie morale des individus, sur leur comportement collectif, leur attribuant une part, même dans les facteurs de guerre. Sur tous ces points, des études systématiques sont à peine à leur début, et n'ont encore donné que des résultats peu précis. Dans le domaine médical notamment, on a signalé des caractères particuliers d'évolution de certaines maladies, constatés simultanément sur des malades identiques, sans qu'il soit possible de les expliquer par des causes connues. On a même cité la grippe espagnole de 1918, qui, d'après une enquête, peut-être insuffisante, semble avoir éclaté presque simultanément en des points éloignés du globe, sans qu'on puisse l'attribuer à une contamination directe ou un pur transport de germes. Dans tous les cas, il est certain que les malades, en lesquels par conséquent les facultés d'adaptation aux variations extérieures peuvent être déséquilibrées ou amoindries, constituent des réactifs de choix dans ce genre de recherches.

En dehors des phénomènes biologiques liés à la période undécennale solaire, il semble qu'il y en aurait d'autres, qui restent étrangers à cette activité périodique, mais qui peuvent trahir certains caractères exceptionnels présentés à certains moments par le rayonnement solaire ou cosmique sans qu'on puisse, pour l'instant, en définir et préciser la nature.

Certains phénomènes étranges dans le domaine végétal paraissent venir à l'appui de cette façon de voir. Tel est le cas présenté par la floraison du bambou noir du Japon (*Phyllostachys nigra*).

Les bambous du genre *Phyllostachys*, qui sont les plus cultivés, ont été introduits, dans d'innombrables régions réparties dans le monde entier, en Asie, en Europe, en Afrique, en Amérique. Ces végétaux présentent ce caractère que leur floraison ne se produit qu'à de très longs intervalles, très irréguliers et sans loi apparente. Les bambous noirs notamment comportent des floraisons particulièrement rares, espacées de 30, 40, 60 ans et plus. Or, en 1933, on a noté cette circonstance curieuse que la floraison s'est produite à la fois dans toutes les parties du monde, soumises, par conséquent, à des régimes météorologiques très différents, et comme si une cause spéciale avait exercé simultanément sur tous ces végétaux, sans distinction d'âge (car de jeunes boutures ont fleuri aussi bien que les individus âgés), une action hautement spécifique. On a bien dit que la plupart des bambous existants, provenant de boutures, constituent, en réalité, des parties détachées d'un être unique, et qu'on pourrait concevoir ainsi cette sorte de simultanéité dans la manifestation d'un caractère évolutif de leur existence. Il est bien difficile d'admettre une explication aussi incomplète. Il serait en effet bien singulier qu'un tel phénomène, se manifestant comme une sorte de fièvre commune à tous ces fragments détachés, vivant isolément en des régions éloignées les unes des autres, fut ainsi déterminé et fixé rigoureusement avec tant de précision dans le temps, indépendamment de l'âge des boutures et de toutes les circonstances extérieures, climat, nature du sol, régime des pluies, humidité ou sécheresse, durée d'insolation etc. Au surplus tous les bambous vivant dans le monde peuvent ne pas provenir nécessairement de boutures issues d'une même souche, et l'on devrait observer, dans l'ensemble, des floraisons en tous temps; enfin des variétés différentes, à floraison plus indépendante et un peu plus fréquente, ont également fleuri en ces années 1932-1933.

On peut donc être porté à attribuer, à ces floraisons massives et synchrones, une cause commune ayant agi simultanément, de l'*extérieur*, sur ce genre de végétaux, sans qu'on puisse pour l'instant en préciser la nature, attribuable néanmoins à quelque propriété spéciale s'exerçant à la surface du globe, vraisemblablement en provenance du Soleil, mais se présentant rarement.

Il n'est pas impossible que des phénomènes de biologie végétale, auxquels on ne prête pas autrement attention, ne tiennent à des causes analogues et de même origine. Il y a, par exemple, des années d'abondance exceptionnelle et générale de fruits, cela en des régions de régimes météorologiques très différents. C'est le cas de la présente année 1942. Peut-être, là aussi, faut-il voir quelque propriété exceptionnelle de l'activité solaire, laquelle, en dehors des

oscillations périodiques, peut présenter certaines variations de qualité, irrégulières et insoupçonnées.

Ces faits méritent la plus grande attention et des recherches systématiquement ordonnées.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Le centième anniversaire de la réforme des poids atomiques.* Note de M. **Marc Tiffeneau.**

Au nom du capitaine d'artillerie Jean Gerhardt, arrière-petit-fils du célèbre chimiste Charles Gerhardt, et à l'occasion du centième anniversaire de la réforme des poids atomiques (¹) présentée à l'Académie des Sciences le 5 septembre 1842, par son illustre aïeul, j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie le masque mortuaire de notre grand chimiste, ainsi que la correspondance originale échangée entre lui et les principaux chimistes français de son époque.

Cette correspondance, qui a été intégralement publiée en 1918 et en 1924, comprend, d'une part, 78 lettres (dont 58 originales) échangées avec Auguste Laurent (²), cet autre grand réformateur qui fut le compagnon d'infortune de Gerhardt; de l'autre (³), 115 lettres (dont 114 originales), les unes, adressées par Gerhardt à divers chimistes français, Cahours, Dumas, Chancel, Malaguti, Wurtz etc., les autres, écrites par ceux-ci à Gerhardt.

De toute cette correspondance, si importante pour l'histoire de la Chimie, je retiendrai ici les quelques lettres qui se rattachent à la *Réforme des poids atomiques*, dont nous nous proposons de commémorer en ce jour le centenaire,

(¹) *Recherches sur la classification chimique des substances organiques* (*Comptes rendus*, 15, 1842, pp. 498-500). Après ce Mémoire et après ceux plus étendus publiés en août-septembre 1842 dans la *Revue Scientifique de Quesneville* (10, pp. 145-168), et en février 1843, dans les *Annales de Chimie et de Physique* (7, pp. 129-143), Gerhardt donna à sa réforme son expression définitive; l'unité moléculaire était désormais représentée par deux volumes de vapeur et non plus par quatre. C'est pour éviter l'introduction d'exposants fractionnaires dans les formules chimiques que Gerhardt adopta deux volumes au lieu d'un (*Observations sur la notation chimique* in *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 8, 1845, pp. IV et V).

(²) *Correspondance de Gerhardt*, 1, 1918, Paris. Les originaux des 20 lettres de Gerhardt à Laurent ont été déposés à la Bibliothèque de l'Institut par Mme Pallier-Laurent, fille d'Auguste Laurent.

(³) *Correspondance de Gerhardt*, t. II, 1924, Paris. Un troisième tome, comprenant la correspondance échangée entre Gerhardt et les chimistes étrangers, n'a pas encore pu paraître. Certains fragments en ont été publiés soit dans l'ouvrage de Grimaux et Charles Gerhardt fils (Paris, 1900), soit, pour ce qui concerne les lettres à Chiozza, dans la *Notizie storiche su Luigi Chiozza*, publiée par I. Guareschi dans les *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 2e série, 58, 1907, pp. 171-216. Les originaux de la correspondance avec les savants étrangers ne seront déposés à l'Académie que plus tard.

en rappelant quels en sont les points fondamentaux et quelle influence décisive elle a exercé sur le développement de la Chimie.

On sait que cette réforme a consisté essentiellement, d'une part, à ramener les grandeurs moléculaires de tous les composés organiques ou minéraux, jusque-là étrangement disparates, à une même commune mesure encore adoptée aujourd'hui et représentée par deux volumes de vapeur ([4]); d'autre part, à déduire des formules ainsi établies et qui sont restées actuellement en usage, les véritables poids atomiques des éléments, à l'exception des métaux divalents dont il appartint à Cannizaro, après en avoir reconnu en 1858 la diatomicité, de doubler leurs poids atomiques, d'où constitution, depuis cette date, d'une table définitive des poids atomiques. Enfin Gerhardt parvint en même temps à tirer de sa réforme les conséquences logiques qui en découlent, savoir : 1° énoncé des règles de divisibilité des exposants des formules chimiques et correction des formules ne correspondant pas à ces règles; 2° établissement de la véritable nature des acides, déduite de l'inexistence de l'eau aussi bien dans les acides monobasiques (notamment azotique et trichloracétique, qu'on était alors obligé d'écrire $N^2O^5.H^2O$ et $C^4Cl^6O^4.H^2O$) que dans l'acide sulfurique, qu'on écrivait SO^3H^2O, mais dont Gerhardt démontrait la bibasicité et qu'il formulait logiquement SO^4H^2; 3° enfin, surtout, condamnation de la doctrine dualistique et substitution à celle-ci de la doctrine unitaire que Gerhardt définissait un peu plus tard (1848), « l'ensemble des principes appliqués par lui à l'étude de la chimie et qui sont basés sur le choix d'une unité de molécule (réforme des poids atomiques) et d'une unité de réaction (théorie des types) » ([5]).

Les lettres de Gerhardt qui se rattachent à la réforme des poids atomiques sont, d'une part, celles à Cahours, dans lesquelles Gerhardt expose les points essentiels de sa réforme (8 mai 1842) et l'impression hostile produite par la lecture de son Mémoire à l'Académie (27 septembre 1842); d'autre part, celles adressées l'année suivante à Cahours (1er janvier 1843) et à Dumas (30 janvier 1843), et dans lesquelles il donne à sa réforme son expression définitive telle qu'elle parut dans les *Comptes rendus de l'Académie*, le 20 février 1843 et dans les *Annales* ([1]).

([4]) Trente ans avant Gerhardt, Avogadro, puis Ampère, invoquant des considérations théoriques exclusivement physiques, alors que Gerhardt se fondait sur des déductions expérimentales purement chimiques, avaient déjà proposé implicitement une commune mesure pour les grandeurs moléculaires. Cette conception, qui porte le nom de « loi d'Avogadro », ne fut explicitement appliquée à la conception d'atome et de molécule que 20 ans plus tard par Gaudin, qui fut ainsi amené à dresser, avant Gerhardt et Cannizaro, une liste correcte des poids atomiques (DELÉPINE, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1935, pp. 1 à 15). C'est seulement après le Congrès de Chimie de Carlsruhe, où cette question fut âprement discutée mais non résolue, que les poids atomiques dits de Gerhardt s'établirent d'eux-mêmes (voir MENDELEEFF, *Principes de Chimie*, 1, p. 545, pp. 522-555).

([5]) *Introduction à l'étude de la Chimie par le système unitaire*, 1848, p. VII.

L'influence exercée sur le développement de la Chimie par la Réforme des poids atomiques due à Gerhardt est attestée par les écrits des savants contemporains. Dans son célèbre traité de Chimie, Kekulé déclare que Gerhardt fut le premier qui exprima clairement le concept de l'atome et s'efforça d'en établir la grandeur relative (6). D'autre part Mendeleeff (*op. cit.*, p. 522) s'exprime ainsi dans les pages consacrées par lui à la loi qu'il appelle la loi d'Avogadro-Gerhardt : « La proposition d'Avogadro (1810) et d'Ampère (1815) ne fut vraiment introduite dans la science que par Gerhardt (1842), qui l'a appliquée à la généralisation des réactions chimiques. C'est à lui que revient l'honneur d'avoir donné à l'hypothèse sa forme exacte et d'en avoir déduit toutes les conséquences possibles. »

On peut conclure avec Guareschi (7) que « grâce à la loi des atomes établie par Gerhardt, fut fixé le système des poids atomiques qui est devenu aujourd'hui définitif et qui, dans les mains de Mendeleeff, conduisit au système périodique dont on sait quelle a été toute la fécondité ».

J'ajouterai pour terminer que l'œuvre de Charles Gerhardt fait partie de ce patrimoine national dont nous avons tous pour mission de conserver pieusement le souvenir dans la mémoire des hommes, et dont nous devons tous nous efforcer d'assurer le développement.

C'est donc à la fois un devoir de piété et de justice scientifiques que de commémorer en ce jour le centième anniversaire de la réforme des poids atomiques dont je viens d'exposer qu'elle est à la base des progrès fondamentaux de la chimie moderne. On peut affirmer que la notion de périodicité des propriétés chimiques, qui découle de la réforme des poids atomiques de Gerhardt et dont le concept, dû à Mendeleeff, a été considérablement élargi par la découverte des gaz rares et surtout par celle des éléments radioactifs, a permis d'aborder utilement le problème de l'unité de la matière si longtemps discuté par les philosophes et les savants.

BIOLOGIE. — *La signification évolutive des écarts individuels.* Note de M. **François Grandjean.**

Il est généralement admis que les variations individuelles somatiques, appelées aussi somations et fluctuations, n'ont aucune valeur évolutive. Je crois cette manière de voir trop simple. Juste dans certains cas, elle ne l'est pas dans d'autres. Elle me paraît fausse au moins pour une catégorie importante et commune de somations, celle que j'ai désignée sous le nom d'écarts individuels par tout ou rien ou, plus brièvement, sous le nom d'écarts.

---

(6) *Lehrbuch der organischen Chemie*, t. I, 1861, p. 83.

(7) *Atti C. R. Scienze di Torino*, 52, 1916-17. Traduction Tiffeneau in *Célébration du centenaire de Ch. Gerhardt*, Paris, 1922.

Un écart est l'absence (ou l'existence) d'un organe alors que ce dernier d'ordinaire existe (ou manque). Au lieu d' « organe », on peut dire plus généralement « caractère », à condition que le caractère existe ou manque, sans ambiguïté. Il y a des écarts pour tout ce qui est discontinu. Mes observations ne s'appliquent jusqu'ici qu'à de petits organes superficiels des Acariens, mais on pourra sans doute en faire d'analogues pour d'autres organes du corps, internes et externes, chez les autres Arthropodes et même chez tous les animaux. L'évolution de chaque cellule, par exemple, contient une part discontinue : si la cellule disparaît phylogénétiquement, ce n'est pas en passant par toutes les tailles jusqu'à zéro.

La signification évolutive des écarts résulte de cette remarque générale, à laquelle conduisent de fréquentes observations, que les organes à nombreux écarts individuels ne se retrouvent souvent pas d'une espèce à l'autre, aux mêmes stases. Les organes constants dans un groupe d'espèces ont au contraire peu de chances d'être aléatoires dans une quelconque des espèces du groupe. Ces principes sont importants parce que l'on peut fonder sur eux des prévisions qui se vérifient très bien. Si je constate, par exemple, que les poils v' et v'' des génuaux I-II de *Trhypochthonius tectorum* ont de nombreuses déficiences à la tritonymphe ou à l'adulte, tandis que les poils d, l' et l'' des mêmes génuaux n'en ont pas, à aucune stase, j'en conclurai qu'il existe des Oribates chez qui ces génuaux possèdent seulement les 3 poils d, l' et l'', et qu'il ne doit pas en exister qui possèdent seulement les poils v' et v''. Si je constate, en observant les nombreuses espèces d'*Achipteriidæ*, même en me bornant à un seul exemplaire de chaque espèce, que les poils du notogaster sont toujours au nombre de 20 et qu'ils sont toujours disposés de la même façon, j'en conclurai que les déficiences individuelles d'un quelconque de ces poils, chez une espèce quelconque de cette famille, sont très improbables.

Faisons intervenir la priorité [1]. Elle définit des évolutions (en laissant libre de leur attribuer un sens progressif ou régressif), et l'on constate en effet qu'une même liste de priorité est applicable à un groupe d'espèces ayant des affinités naturelles évidentes. La concordance entre la méthode phylogénétique et celle des écarts individuels, pour obtenir une liste, démontre donc très bien la signification évolutive des écarts. On peut même dire que la méthode phylogénétique n'est qu'une extension de celle des écarts individuels.

Pour préciser ce point de vue, définissons de la manière suivante les *écarts spécifiques* d'un organe :

Une espèce possède un organe à une stase si la probabilité d'existence de cet organe, à cette stase, y est supérieure à 0,5. Soient donc N espèces à une même stase S; n d'entre elles ont l'organe et $(N-n)$ ne l'ont pas. Quand le rapport de n à N est supérieur à 0,5, disons que l'organe existe, à la stase S,

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 417; 214, 1942, p. 729.

dans le groupe des N espèces et que les $(N-n)$ espèces où il manque représentent des écarts spécifiques par défaut. Inversement, quand le même rapport est inférieur à 0,5, disons que l'organe manque dans le groupe, à la stase S, et qu'il y a n écarts spécifiques par excès. Pour le cas intermédiaire, c'est-à-dire si le rapport est voisin de 0,5, qualifions l'organe de quasi probable à S, ou encore S de stase de formation quasi probable pour le groupe.

De la même façon, on définirait les écarts à d'autres échelles en prenant des unités plus grandes ou plus petites que l'espèce (genre, famille, race etc.), et l'on aurait des écarts génériques, familiaux, raciaux etc.

Ces définitions étant admises, la méthode phylogénétique peut s'appeler celle des écarts spécifiques, génériques etc. Aux individus on a substitué des groupements définis dont on n'envisage plus la complexité à partir du moment où chacun d'eux a pu être remplacé par un être synthétique ayant les caractères qui dominent dans le groupement.

Si le groupement est supérieur à l'espèce, il est peut-être mal déterminé, mais il tient toujours compte, je le suppose du moins, des affinités naturelles, c'est-à-dire de ce que nous savons sur l'évolution. Il faut donc attribuer beaucoup d'importance à ce fait qu'un écart individuel se retrouve aux autres échelles. Cela veut dire qu'il s'accorde à l'évolution, d'où l'on peut déduire qu'il en fait partie. Il semble régi par ce que nous appelons le hasard, mais ce n'est pas un hasard constant. Ce n'est pas non plus un hasard qui change au hasard. C'est un hasard dirigé par une force évolutive et qui, le plus souvent, est destiné à disparaître. Il ne joue qu'un rôle passager, pour chaque stase, dans le temps phylogénétique, et il fait place à des caractères constants.

Un organe quelconque, en général, ou un caractère discontinu, n'a pas la certitude de se former au cours de l'ontogénèse. Il n'a qu'une probabilité p d'existence. Admettons que l'animal ne lègue pas vraiment l'organe à ses descendants, mais cette probabilité, la formation de l'organe restant ainsi subordonnée à des conditions accessoires, internes ou externes, particulières à chaque individu. Si p est très voisin de 1, l'organe est constant; on peut le dire germinal. Si p s'écarte beaucoup de 1 sans être nul, l'organe est aléatoire; on peut le dire somatique. Entre les caractères germinaux et les somations que j'appelle des écarts, le passage est continu.

La force évolutive, agissant toujours au total dans un sens bien déterminé pendant de très nombreuses générations, augmente ou diminue la valeur de p. Cette variation est-elle continue ou discontinue? Peut-être les deux cas sont-ils possibles, mais l'apparition ou la disparition phylogénétique des organes est toujours discontinue. Elle s'est faite néanmoins peu à peu, d'abord sur quelques exemplaires d'une espèce, puis sur d'autres, de plus en plus nombreux, jusqu'à ce que l'exception devienne dominante, puis une règle à peu près dépourvue d'exceptions. Appelons cette manière de voir la 1re hypothèse.

L'hypothèse opposée, que j'appellerai la 2e, consiste à qualifier de germinaux tous les écarts. L'animal hériterait de l'organe, et non de p, lequel serait toujours égal à 1. Pour prouver, en effet, que les écarts individuels ayant jusqu'ici servi d'exemples, ceux des petits organes superficiels des Acariens, sont somatiques, il aurait fallu les observer dans des races ou lignées pures. Je n'ai étudié que des populations naturelles [2]. Si un poil, par exemple, est aléatoire pour la population et qu'il manque sur un individu, c'est peut-être parce que ce dernier appartient, au moins par l'un de ses ascendants, à une race dans laquelle ce poil manque toujours. La fréquence d'un écart n'exprimerait plus qu'une proportion dans un mélange naturel de races.

La 2e hypothèse est aussi logique que la 1re, mais elle ne s'adapte pas aussi bien à ce que nous savons des écarts. Puisque ces derniers sont asymétriques, il faudrait qu'il y eût constamment, dans une population naturelle quelconque, des races droites et gauches en quantités presque égales. Pour des familles entières, chez qui toutes les espèces ont beaucoup de petits organes aléatoires, il faudrait que toutes les populations, même recueillies dans un espace très restreint, fussent des mélanges. Ceux-ci devraient comprendre beaucoup de races, puisque la simultanéité de deux écarts, sur un même individu, ne semble obéir qu'à la loi des grands nombres.

J'ai donc préféré la 1re hypothèse à la 2e pour exposer les résultats des observations, mais sans exclure que des races uniquement définies par les caractères numériques de leurs petits organes extérieurs (des valeurs différentes de p, celles-ci ayant changé brusquement par mutation) puissent coexister et rester distinctes, c'est-à-dire n'avoir pas tout à fait le même génotype. La 1re hypothèse se contente de supposer qu'une race pure aurait des écarts analogues (pas nécessairement identiques) à ceux d'une population naturelle de la même espèce.

Malgré les motifs que l'on peut donner à cette préférence, il est clair que la question, qui est capitale, reste ouverte. J'ai entrepris des élevages pour y répondre.

On obtiendrait des résultats dignes d'intérêt en notant la manière dont varient les fréquences naturelles dans toute la région habitée par une espèce. Mes statistiques à ce sujet sont encore trop courtes et trop peu nombreuses pour signifier quelque chose. J'ai constaté plusieurs fois de grosses variations dans les fréquences. Ainsi, chez *Platynothrus peltifer*, des individus d'une récolte aux environs de Paris possèdent assez souvent le solénidion du 3e tarse. C'est un organe atavique très rare chez les Acariens. Je ne l'ai pas encore retrouvé sur des *Platynothrus* d'autres provenances.

---

[2] Ces populations représentent les Acariens recueillis dans 1 à 2$^{dm^3}$ de matière prélevée à un seul endroit. En général il s'agit de la surface du sol, qui a été prise jusqu'à quelques centimètres de profondeur et dans un espace continu de 2 à 6$^{dm^2}$.

Quoi qu'il en soit, le même rapport doit subsister entre les écarts individuels des populations et l'évolution phylogénétique. Si tous les écarts étaient germinaux, c'est-à-dire étaient de petites mutations, il faudrait que ces dernières fussent causées ou contrôlées par une force évolutive à direction définie. Nous aurions des exemples de mutations dirigées.

CORRESPONDANCE.

M. **Robert Courrier** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par le décès de M. *P. Marchal.*

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Formules de contrôle et moyen d'augmenter la précision du calcul des déterminants de la méthode de Lagrange-Andoyer pour la détermination d'une orbite keplérienne.* Note de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Considérons le triangle sphérique Point vernal-Soleil-Point d'intersection du cercle de déclinaison avec l'équateur.

D'après les formules connues, pour A et D, ascension droite et déclinaison du Soleil, on peut écrire, d'une part

$$(1) \qquad \operatorname{tang} A = \operatorname{tang} \odot \cos \varepsilon, \qquad \operatorname{tang} D = \operatorname{tang} \varepsilon \sin A,$$

ε étant l'obliquité de l'écliptique et $\odot$ la longitude du Soleil.

D'autre part, en considérant les coordonnées rectilignes du Soleil, on a

$$(2) \qquad X = R \cos D \cos A, \qquad Y = R \cos D \sin A, \qquad Z = R \sin D.$$

De (1) et (2) on tire

$$(3) \qquad \frac{X}{Y} = \operatorname{cotg} A = \operatorname{cotg} \odot \operatorname{s\acute{e}c} \varepsilon, \qquad \frac{Y}{Z} = \operatorname{cotg} D \sin A = \operatorname{cotg} \varepsilon.$$

En désignant ensuite par τ, τ_1, τ_2 trois quantités liées par la relation $\tau = \tau_2 - \tau_1$, τ_1 étant voisin de τ_2, ce qui est en général le cas des trois dates d'observation d'une petite planète ou comète, écrivons, par exemple [1],

$$(4) \qquad \begin{cases} \tau X = \tau Y \operatorname{cotg} A, & \tau_2 X_1 = \tau_2 Y_1 \operatorname{cotg} A_1, & \tau_1 X_2 = \tau_1 Y_2 \operatorname{cotg} A_2, \\ \tau Y = \tau Z \operatorname{cotg} \varepsilon, & \tau_2 Y_1 = \tau_2 Z_1 \operatorname{cotg} \varepsilon, & \tau_1 Y_2 = \tau_1 Z_2 \operatorname{cotg} \varepsilon. \end{cases}$$

D'où, d'après le théorème des rapports égaux,

$$(5) \qquad \begin{cases} \tau X - \tau_2 X_1 + \tau_1 X_2 = \tau Y \operatorname{cotg} A - \tau_2 Y_1 \operatorname{cotg} A_1 + \tau_1 Y_2 \operatorname{cotg} A_2, \\ \tau Y - \tau_2 Y_1 + \tau_1 Y_2 = (\tau Z - \tau_2 Z_1 + \tau_1 Z_2) \operatorname{cotg} \varepsilon. \end{cases}$$

[1] Car on peut écrire bien d'autre relations.

On reconnaît de suite que les premiers membres de ces deux relations, ainsi que la parenthèse de la deuxième relation, ne sont autres que les quantités X', Y', Z' que l'on rencontre dans la méthode Lagrange-Andoyer [2] pour la détermination d'une orbite képlérienne.

Dans cette méthode, on est amené à calculer des déterminants, fonctions des quantités X', X'', ..., connus, comme le remarque l'auteur, avec une précision notablement inférieure à celle des données, surtout parce qu'il en est ainsi des X', X'', Y', ..., définies par les relations

$$(6) \qquad X' = \tau X - \tau_2 X_1 + \tau_1 X_2, \qquad X'' = \gamma X - \gamma_2 X_1 + \gamma_1 X_2,$$

où τ, τ_1, τ_2 sont les intervalles de temps, multipliés par la constante k de Gauss et γ, γ_1, γ_2, quantités qui dépendent de ces intervalles.

Par suite de l'existence des relations (3), les formules (5), offrant un calcul uniforme, permettent non seulement d'augmenter la précision dans le calcul des déterminants, mais encore d'avoir un contrôle sérieux dans la détermination des X', X'', ..., surtout lorsqu'on se sert pour déterminer ces quantités des Tables de logarithmes d'addition et de soustraction.

En effet, étant donné qu'entre les coordonnées Y et Z des deux dates différentes, il existe, par exemple, la relation

$$(7) \qquad Y_2 Z_1 = Y_1 Z_2,$$

après avoir multiplié les deux membres par τ_1/τ_2 et en prenant les logarithmes [3], nous pouvons écrire

$$(8) \qquad [\tau_1 Y_2] - [\tau_2 Y_1] = [\tau_1 Z_2] - [\tau_2 Z_1].$$

Puis, étant donné que

$$(9) \qquad \frac{\tau Y_1}{Y_1}\left(\tau_1 \frac{Y_2}{Y_1} + \tau_2\right) = \frac{\tau Z}{Z_1}\left(\tau_1 \frac{Z_2}{Z_1} + \tau_2\right),$$

en tenant compte de (7), nous pouvons écrire encore

$$(10) \qquad [\tau Y] - [\tau_1 Y_2 + \tau_2 Y_1] = [\tau Z] - [\tau_1 Z_2 + \tau_2 Z_1].$$

Les deux relations (8) et (10) montrent que les arguments de la Table des logarithmes doivent être égaux dans les deux cas, c'est-à-dire dans le calcul des Y', Z' d'une part, et des Y'', Z'' d'autre part, si les calculs sont exacts. Cette condition, comme les formules (5), peut servir de contrôle.

Le raisonnement précédent ne change pas si l'on remplace dans toutes ces formules les quantités τ, ... par γ, ... On aura les relations analogues pour le calcul et le contrôle des quantités X'', Y'', Z''.

---

(2) H. ANDOYER, *Cours de Mécanique céleste*, I, pp. 142 et suiv.

(3) Les quantités placées entre crochets sont des logarithmes.

En nous limitant à ces indications générales, nous donnerons un développement détaillé de ces résultats dans une étude plus générale sur la détermination des orbites.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la nature des planètes.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons indiqué ([1]) les bases d'une hypothèse cosmogonique, d'après laquelle deux fuseaux de matière photosphérique, issus du Soleil, étaient scindés électromagnétiquement en couples de masses gazeuses donnant ultérieurement naissance aux planètes actuelles. Il en résultait que la nature de celles-ci dépendait de la structure de la photosphère et que la succession des planètes constituait une sorte d'analyse de celle-ci.

D'après l'abondance des éléments existant dans l'Univers, on peut prévoir que la photosphère est essentiellement formée de deux couches principales distinctes; une région superficielle renfermant les éléments légers communs des deux premières périodes de la classification de Mendeleeff : H, He et C, N, O, et une région profonde, constituée des vapeurs métalliques denses des éléments des deux périodes suivantes : Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A et K, Ca, accompagnés du groupe du fer Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, les éléments de numéro atomique pair étant plus abondants, selon la règle de Harkins. Les fuseaux photosphériques refléteront cette structure. Principalement formés de vapeur de fer ($A = 56$) au voisinage du Soleil, ils contiendront surtout des éléments voisins de l'azote ($A = 14$) et se termineront par de l'hélium et de l'hydrogène. Les planètes se subdiviseront donc en deux groupes : le principal sera formé de grosses planètes d'éléments légers, tandis que le groupe intérieur, voisin du Soleil, sera constitué de petites planètes denses de fer enrobé d'une mince scorie de silicates.

Nous avons déjà analysé ([2]) la structure interne des planètes denses par des considérations basées sur les statistiques des densités et des analyses chimiques des roches terrestres et des météorites. Nous nous bornerons ici à indiquer les conséquences de cette conception nouvelle des grosses planètes et à les comparer avec l'observation.

De nos jours les grosses planètes, ne renfermant pas de radioéléments, sont refroidies depuis longtemps à leur température d'équilibre et sont isothermes. Sur Jupiter par exemple, à la temperature de $-120°$ C., nous trouverons une atmosphère formée d'un excès d'hydrogène, d'azote et de gaz rares. Tout l'oxygène sera combiné en formant un noyau solide de H^2O, CO^2 et N^2O^3. L'hydroglace sera à l'état de glace de Bridgman de densité voisine

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 786.
([2]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 452; **212**, 1941, p. 1156.

de 1,1. La carboglace aura une densité de 2,0. N^2O^3 y sera un solide bleu foncé de densité 1,78, qui pourrait rendre compte des filets bleus observés par Antoniadi en 1926. Le reste du carbone sera à l'état libre, de carbures d'hydrogène solides et de CH^4, tous résultant de la décomposition thermique de C^2H^2. De même, le reliquat d'azote sera à l'état libre, de paracyanogène et de NH^3. Le carbone, le paracyanogène et les carbures d'hydrogène contribueront à colorer le noyau. Quant au méthane, il formera un océan liquide de densité si faible (0,41) qu'il flottera dans l'atmosphère d'azote comprimé (densité limite 1,2). Il en sera de même pour les glaçons d'ammoniac (0,82) qui se mettront en équilibre hydrostatique à un niveau plus profond.

Aux réactions thermochimiques ayant eu lieu durant le refroidissement, ont succédé des réactions photochimiques dues au rayonnement ultraviolet solaire, l'atmosphère de Jupiter étant transparente jusqu'aux limites d'absorption du gaz carbonique et de l'ammoniac, dont les tensions de vapeur sont encore sensibles à $-120°$ C.

CO^2 sera dissocié en CO et en oxygène atomique qui se polymérisera en donnant de l'ozone. Ce gaz se condensera en un brouillard bleu très dense ayant la propriété de colorer fortement en rouge orangé les glaçons de NH^3. Nous considérons ainsi la *tache rouge* de Jupiter comme un immense glaçon plat, ovale, sans doute fort mince, de NH^3 coloré par O^3, flottant dans l'atmosphère d'azote-hydrogène. Les brouillards d'ozone réagissant sur NH^3 gazeux donneront ainsi naissance à des nuages rouge orangé d'azotite d'ammonium. Quant au CO formé, il réagira photochimiquement sur NH^3 en donnant un dépôt blanc d'amide formique.

Sans insister sur ces réactions photochimiques, on conçoit que la surface de Jupiter soit sujette à des changements de coloration et à une turbulence de nature toute spéciale.

La densité 1,36 de cette planète est une moyenne entre celle du noyau cristallin, de l'ordre de 1,4, et de la densité limite de son atmosphère 1,2. Son aplatissement est compatible avec l'existence d'un tel noyau solide.

Ces considérations sont valables pour les autres grosses planètes. Les seules différences que nous pouvons prévoir seront dues à leur distance exponentiellement croissante du Soleil et à leur température corrélativement décroissante. Leur commune nature est établie par le fait que les densités de Jupiter, d'Uranus et de Neptune sont les mêmes. Cependant la densité exceptionnelle de Saturne, 0,7, était toujours demeurée inexplicable. Mais, si nous remarquons que sa température d'équilibre, $-150°$ C., coïncide avec la température critique de l'azote, $-147°$ C., et que la densité critique de cet élément est 0,31, nous concevons aussitôt la cause de cette anomalie exceptionnelle. Si le noyau solide a la même densité, soit 1,4, que dans les autres planètes, il suffit que son volume soit égal aux 4/10 et que celui de l'océan d'azote au point critique soit les 6/10 pour offrir la densité 0,7 observée.

L'océan de Saturne est donc un mélange de N^2 à l'état critique et de CH^4 liquide, de densités très voisines. Contrairement au cas précédent, il ne flotte pas dans l'atmosphère, qui n'est plus guère constituée que d'hydrogène et d'hélium, mais recouvre le noyau solide.

Les satellites normaux des grosses planètes sont aussi des glaçons de CO^2, H^2O et NH^3. Quant à l'anneau de Saturne, il ne saurait être constitué, pour diverses raisons, que de poussière météorique résultant, comme pour l'anneau des petites planètes, de la rupture d'un couple d'astéroïdes capturés, analogues aux couples VI, VII et VIII, IX de Jupiter.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Augmentation de cycle en série cyclanique. Série du cyclopentane (dérivés monométhylés), du cycloheptane et de l'indane.* Note de Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Nos études antérieures (¹) sur les augmentations de cycle par désamination nitreuse des aminoalcools $>C(OH)CH^2NH^2$ ont été poursuivies en les appliquant soit à d'autres cycles supérieurs substitués ou non (cycloheptane et indane), soit aux dérivés monométhylés du cyclopentane. Nous avons pu montrer que cette désamination conduit dans tous les cas à des cyclanones appartenant à un cycle supérieur. De plus l'étude des dérivés α et β monométhylés en série cyclohexanique a montré que la rupture préalable à l'augmentation de cycle a lieu dans les deux sens possibles pour le dérivé β, alors que pour le dérivé α la rupture est prépondérante du côté de la substitution méthylée. Nous avons été ainsi conduite à étudier de la même façon les dérivés α et β monométhylés du cyclopentane et, d'autre part, à réaliser les mêmes augmentations de cycle sur des dérivés de l'indane et du cycloheptane.

Les aminoalcools ont été obtenus, comme dans ma Note antérieure, par hydrolyse ménagée en présence de PtO. Leur désamination a été réalisée en faisant agir NO^2Na sur leur solution dans l'acide acétique dilué. Après un certain temps, il y a dégagement d'azote et il se sépare une huile insoluble qu'on purifie à l'état de semicarbazone.

Dans tous les cas étudiés il y a augmentation de cycle par transposition semipinacolique.

I. Augmentation de cycle dans la série cyclopentanique monosubstituée. — 1° *Désamination de l'aminométhylcyclopentanol-α méthylé.* — L'α-méthylcyclopentanone fournit une cyanhydrine ($É_{35}$ 134-135°) que l'hydrogénation catalytique transforme en aminoalcool ($É_{15}$ 105°; ClH F 157°). Celui-ci, désaminé comme ci-dessus, fournit une seule cétone, la β-méthylcyclohexanone, dont la semicarbazone (F 178°) a été identifiée avec celle fournie

(¹) B. Tchoubar, *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 195 et 1033.

par la cétone synthétique

$$CH_2\left\langle\begin{matrix}CH^2-CO\,H-CH^2NH^2\\ CH^2-CH-CH^3\end{matrix}\right. \rightarrow CH^2\left\langle\begin{matrix}CH^2-CO\\ CH^2-CH-CH^3\end{matrix}\right\rangle CH^2$$

La rupture de l'anneau cyclopentanique, quoique possible dans les deux sens, se produit exclusivement du côté du carbone α méthylé, alors que dans la série du cyclohexane, comme nous l'avons vu ci-dessus, cette rupture n'est que prépondérante.

2° *Désamination de l'aminométhylcyclopentanol-β méthylé.* — La cyanhydrine de la β-méthylcyclopentanone ($É_{19}$ 122-124°) est hydrogénée en aminoalcool ($É_{20}$ 115°) qui, par désamination, conduit à deux cétones qu'on sépare par cristallisation fractionnée de leurs semicarbazones dans l'alcool; l'une, fusible à 178°, a été identifiée avec celle de la β-méthylcyclohexanone, alors que l'autre, fusible à 198°, correspond à la γ-méthylcyclohexanone :

$$CH^2\left\langle\begin{matrix}CH^2-CO\\ CH^2-CH-CH^3\end{matrix}\right\rangle CH^2 \xleftarrow{(b)} \begin{matrix}CH^2-CO\,H-CH^2NH^2\\ \big|\quad\quad\rangle CH\\ CH^2-CH-CH^3\end{matrix} \xrightarrow{(a)} CH^2\left\langle\begin{matrix}CO-CH^2\\ CH^2-CH-CH^3\end{matrix}\right\rangle CH^2$$

β-Méthylcyclohexanone. γ-Méthylcyclohexanone.

II. Augmentation de cycle dans la série du cycloheptane. Désamination nitreuse de l'aminométhylcycloheptanol. — L'aminométhylcycloheptanol

$$C^7H^{12}(OH)CH^2NH^2$$

a été obtenu par hydrogénation catalytique de la cyanhydrine de la cycloheptanone ($É_{15}$ 138-139°). Cet aminoalcool ($É_{18}$ 14°; ClH F 185°) fournit par désamination la cyclooctanone ($É_{12}$ 90°) dont la semicarbazone fond à 164-165 comme celle provenant de l'acide azelaïque.

III. Augmentation de cycle dans la série de l'indane. Désamination nitreuse du β-méthylaminoindanol. — La β-indanone, obtenue par isomérisation de l'époxyindanol, fournit une combinaison bisulfitique qu'on a traitée par CNK; la cyanhydrine obtenue est cristallisée (F 121°). Sa réduction catalytique fournit un aminoalcool brut qu'on a soumis sans le purifier à la désamination nitreuse. Il y a formation de β-tétralone, dont la semicarbazone (*Comptes rendus*, 214, 1942, p. 117) fond à 215°, comme celle déjà obtenue par nous :

$$C_6H_4\left\langle\begin{matrix}CH^2\\ CH^2\end{matrix}\right\rangle COH-CH^2NH^2 \rightarrow C_6H_4\left\langle\begin{matrix}CH^2-CH^2\\ CH^2-CO\end{matrix}\right.$$

Ici, comme dans le cas de la γ-méthylcyclohexanone, la position symétrique de l'hydroxyle et de la chaîne méthylaminée, placés sur le carbone β, fait que la rupture est symétrique et ne peut conduire qu'à un seul produit, la β-tétralone.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence d'une parthénogenèse constante thélytoque chez* Psychoda severini *Tonnoir (Diptères)*. Note de M. **Roger Mirouze**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours de son travail sur la systématique des Diptères du genre *Psychoda*, A. Tonnoir (¹) a décrit une nouvelle espèce, à laquelle il a donné le nom de *Ps. severini*. Cette espèce, fréquente en Europe, n'est représentée que par des femelles. Les mâles sont d'une extrême rareté; deux seulement sont connus. Soupçonnant une reproduction parthénogénétique, Tonnoir entreprit des élevages afin de s'en assurer. Deux femelles isolées pondirent et donnèrent huit individus, tous femelles. Ces femelles engendrèrent, à leur tour, sept femelles, d'origine indubitablement parthénogénétique. Tonnoir conclut de cette expérience assez sommaire à l'existence d'une parthénogenèse facultative chez *Ps. severini*.

J'ai repris, sur une plus grande échelle, les expériences de Tonnoir. J'ai, tout d'abord, constaté l'absence complète, dans la région toulousaine, de mâles de *Ps. severini*. Sur plus de 600 exemplaires capturés, je n'ai rencontré aucun mâle. Les 1609 individus obtenus d'élevage étaient tous, sans exception, des femelles. Une autre espèce de *Psychoda*, *Ps. alternata* Say, a été examinée au point de vue de la répartition des sexes. Des chasses, ainsi que des élevages, ont montré que les mâles de *Ps. alternata* sont fréquents. Sur 134 individus issus d'élevage, j'ai compté 81 mâles, soit une proportion de près de deux tiers.

Les élevages de *Ps. severini* ont fourni les résultats suivants. J'ai pu élever *quatre générations successives* de cet insecte. Le nombre total d'individus obtenus a été, comme il a été dit plus haut, de 1609. Tous ces individus étaient du sexe femelle.

On peut conclure de ces observations à l'existence, chez *Ps. severini*, d'une parthénogenèse thélytoque, obligatoire et constante.

Les deux seuls mâles connus de cette espèce représentent vraisemblablement des mâles exceptionnels, analogues à ceux qui apparaissent occasionnellement chez l'Isopode *Trichoniscus elisabethæ* Herold (²). Toutefois l'hypothèse de l'existence d'une race bisexuée, comprenant des mâles et des femelles, et mélangée à la race parthénogénétique n'est pas exclue. Des recherches effectuées en Autriche et en Belgique, où ont été capturés les mâles de *Ps. severini*, seraient nécessaires pour décider entre ces deux interprétations.

(¹) *Ann. Soc. entomol. Belgique*, 62, 1922, pp. 49-88; 16 fig.
(²) A. Vandel, *Bull. biol. France-Belgique*, 68, 1934; pp. 419-463, pl. XV-XVIII.

EMBRYOGÉNIE. — *Action de l'hypotonie sur la blastula de l'Oursin* Paracentrotus lividus *Lk.* Note de M. **Christian Mettetal**, transmise par M. Paul Wintrebert.

On sait que, chez l'Oursin, l'hypotonie provoque le gonflement de l'œuf indivis ou segmenté et, à longue échéance, l'exogastrulation des blastulas. J'ai étudié sur celles-ci l'effet immédiat du traitement et tenté de saisir sur le vif le mécanisme de son action.

I. *Chez les blastulas non écloses*, la dilution de l'eau de mer à 50 % provoque une augmentation légère du diamètre du germe, qui s'applique contre la membrane de fécondation et la distend. L'épaisseur de la paroi cellulaire s'accroît très vite et démesurément aux dépens du blastocœle, au point de le réduire, en 1/4 d'heure environ, à une petite cavité centrale dont le diamètre n'est plus que le 1/7 de celui du germe entier au lieu d'en être les 3/5 (*fig.* A).

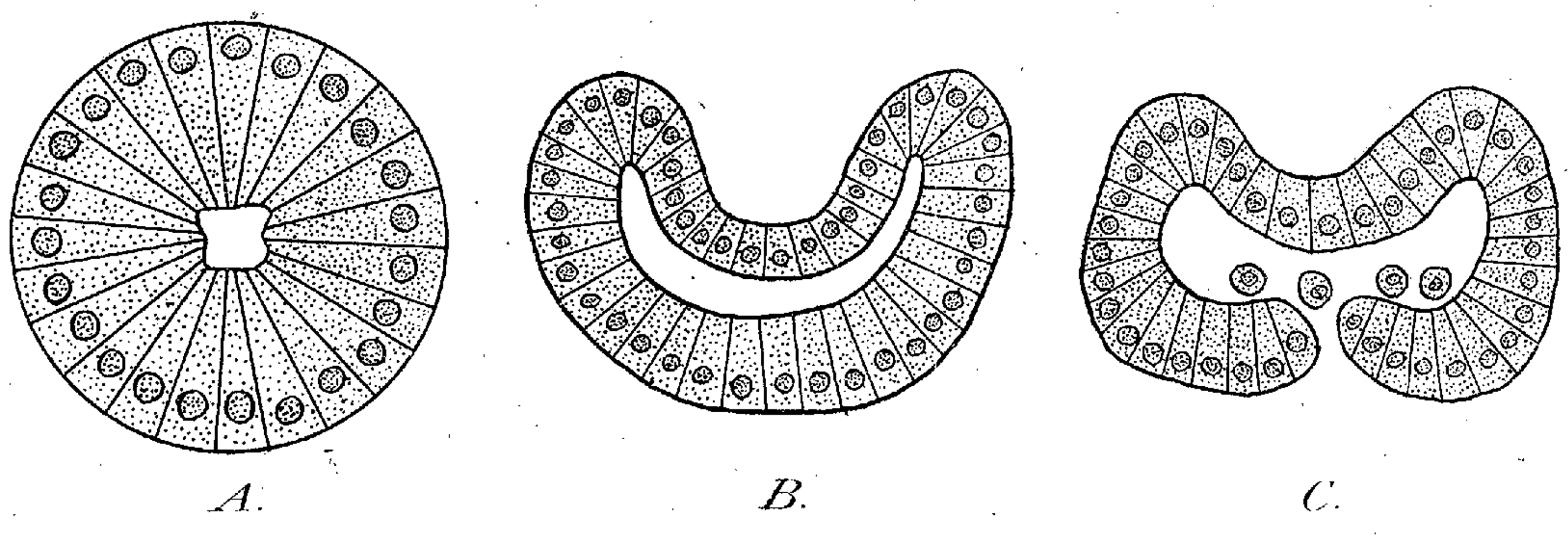


Fig. A-C. — Coupes optiques de germes vivants de *Paracentrotus lividus* Lk., après leur transport dans l'eau de mer diluée à 50 pour 100. A, blastula non éclose; B et C, blastulas nageantes.

Ishida (1936) a montré que l'éclosion tient à la dissolution des enveloppes par un ferment. Chez les germes soumis à l'hypotonie, l'éclosion est prématurée. A l'action du ferment s'ajoute une pression exercée vers l'extérieur par le gonflement des cellules. Les enveloppes cèdent plus tôt; la blastula fait alors hernie au point de rupture, prend rapidement l'aspect d'une haltère et finalement se libère. Les germes, tout près d'éclore, présentent, aussitôt après leur transport en eau de mer diluée, les mêmes manifestations d'éclatement des enveloppes.

II. *Chez les blastulas nageantes*, l'effet de l'hypotonie est très différent : le gonflement des cellules est tangentiel, non radiaire. La circonférence externe d'une coupe méridienne, qui était, par exemple, de $0^{mm},32$ avant le traitement, passe à $0^{mm},44$ après celui-ci. Contrairement à ce qu'on pouvait attendre, le germe perd sa forme sphérique et s'excave; il présente des enfoncements, convexes vers le blastocœle, dont la position et le nombre varient avec l'âge.

Ainsi les blastulas traitées immédiatement après l'éclosion montrent toutes une dépression profonde du pôle animal (*fig.* B). Celles qui sont traitées à un stade un peu plus avancé manifestent, en outre, un enfoncement de la région végétative. Les cellules dérivées des micromères et formant au fond de cette dépression végétative une plaque pluristratifiée, donnent naissance de manière prématurée au mésenchyme primaire, et celui-ci est comme aspiré d'un seul bloc par le blastocœle (*fig.* C). Son départ laisse au pôle végétatif une ouverture béante qui fait communiquer la cavité blastulaire avec l'extérieur, mais les bords de l'ouverture ne tardent pas à se souder et la blastula reprend peu à peu une forme sphérique.

Au sens différent du gonflement cellulaire obtenu avant et après l'éclosion, radiaire dans le premier cas, tangentiel dans le second, correspond, à l'intérieur du blastocœle, une modification inverse de la pression, accrue en présence des enveloppes, diminuée en leur absence. Ces divergences de comportement paraissent d'ordre purement mécanique; elles ne résultent pas d'un changement de réaction cellulaire, car les blastulas non écloses et libérées de manière prématurée dans le milieu hypotonique se comportent aussitôt après leur éclosion comme les germes déjà éclos, soumis au même milieu. C'est donc à la présence ou à l'absence des enveloppes qu'on doit attribuer les différences observées. Avant l'éclosion, le germe, enclos dans ses membranes, ne peut s'accroître que vers l'intérieur; il réduit alors le blastocœle dont la pression augmente; mais après l'éclosion les dimensions de la blastula cessent d'être limitées, et l'extension du germe en surface s'accompagne, à l'intérieur du blastocœle, d'une diminution de pression décelée par les enfoncements de la paroi et la succion des micromères. Quand, au bout de quelques heures, l'équilibre s'est institué entre les pressions externe et interne, le germe reprend dans le milieu hypotonique une forme sphérique, de volume accru. Les échanges s'effectuent donc beaucoup plus lentement entre la cavité de segmentation et la paroi cellulaire qu'entre celle-ci et le milieu extérieur. Les déformations localisées de la blastula éclose traduisent sans aucun doute la présence, dans la paroi, de zones de moindre résistance dont la position, assez constante pour un stade donné, varie au cours du développement.

Conclusion. — La pénétration de l'eau de mer diluée dans la blastula d'Oursin se fait en deux temps; elle intéresse d'abord la paroi, puis le blastocœle. Chacune de ces étapes est marquée par des phénomènes différents, selon que la blastula est enclose ou libre; et la considération de la présence ou de l'absence des enveloppes aide à l'interprétation des faits.

EMBRYOLOGIE TÉRATOLOGIQUE. — *Sur les processus généraux de la blastogénie dans les kystes blastuléens à membrane fertile, au cours de la parthénogenèse polyembryonique, chez l'Homme.* Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai indiqué ([1]) la signification des kystes embryogènes représentant un des processus vraiment tératologiques de la parthénogenèse intratesticulaire. J'ai décrit succinctement et figuré la genèse de la voûte amniotique, du trophoblaste et du bouton proprement dit, aux dépens de l'ectoblaste indifférencié de ces kystes blastuléens; la gastrulation y est plus facile à suivre que dans les boutons, et l'on peut y observer, comme dans la polyembryonie du Tatou, l'apparition de champs gastruléens multiples et symétriques. La présente Note a pour but de préciser le potentiel polyvalent de l'ectoblaste primitif constituant le revêtement des kystes et, d'autre part, de confirmer les homologies des feuillets embryonnaires qui en dérivent avec ceux des boutons proprement dits. Ces kystes matriciels, de configuration souvent irrégulière et de dimensions parfois étendues, sont plus difficiles à identifier que les boutons, car, à l'état de repos (c'est-à-dire en dehors de leur phase germinative), ils montrent un revêtement aplati, endothéliforme, d'aspect assez banal; c'est pourquoi un embryologiste non prévenu ne leur attacherait aucune signification précise; tout au plus, les considérerait-il comme des cavités séreuses d'origine cœlomique. En réalité, il s'agit de vésicules amnio-ectoblastiques, pouvant engendrer, comme chez le Tatou, des écussons, ou boutons, disposés symétriquement à deux extrémités opposées; mais, dans nos tumeurs, les vésicules mères, après l'essaimage de leurs boutons dans le mésoblaste de la périphérie, se reconstituent pour reprendre ultérieurement leur bourgeonnement.

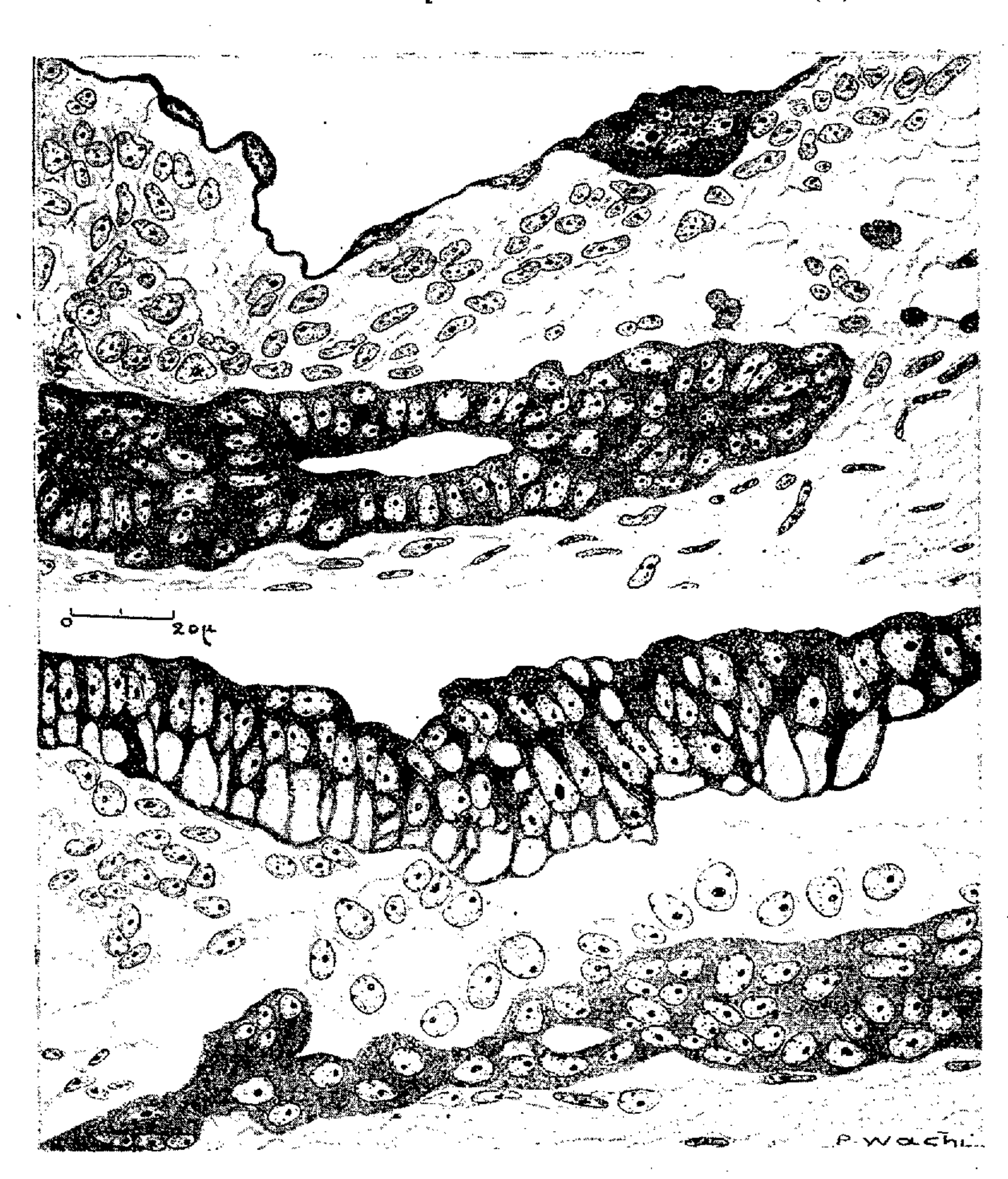
J'ai représenté ci-après deux sections, en des points voisins d'une même zone fertile, dans une de ces vésicules embryogènes à blastodermes multiples. Le segment inférieur de la figure montre les dispositions habituelles d'un blastoderme tridermique : en haut l'ectoblaste épaissi est constitué d'éléments allongés, dont les noyaux occupent le pôle correspondant à la cavité vésiculaire primitive; cette zone germinative correspond au plancher de la future vésicule secondaire, dont la voûte amniotique (qui n'est pas encore fermée) se constitue par la convergence de bourrelets amniotiques, comme chez les Oiseaux et les Reptiles.

La moitié supérieure de la figure montre, à gauche, un ectoblaste aminci à l'état de repos; mais, à droite, il a développé un épaississement localisé de trophoblaste syncytial. Le chordomésoblaste offre une topographie régulière dans la section de la partie inférieure : on y reconnaît la lumière du canal

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 646; *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 860.

chordal et les ailerons mésoblastiques rattachés à l'ecto et à l'entoblaste par des cloisons de mésostroma. Sur la section du haut, la cavité entoblastique est plus étendue, et le canal chordal moins régulier est situé latéralement.

En résumé, ces dispositions établissent que la genèse des feuillets primordiaux et la gastrulation peuvent s'effectuer avant que le bouton embryonnaire, issu d'un bourgeonnement localisé de la membrane fertile primitive, ait achevé son individualisation et se soit séparé de cette dernière ([2]). M. Wintrebert,



Section transversale, en deux points, très rapprochés, d'une zone fertile d'un grand kyste embryogène. (Embryome testiculaire 11013.)

qui a bien voulu suivre mes recherches, estime que la polyembryonie de ces tumeurs cadre avec la notion « *d'une distribution générale des matériaux actifs sur le pourtour sus-équatorial de l'œuf du Discoglosse* », et il rapporte le processus lui-même « *au bourgeonnement d'une membrane fertile, qui, comme la paroi blastuléenne des Amphibiens, présente des foyers multiples d'induction*

([2]) Volume jubilaire dédié au Professeur Caullery, 1938, p. 798.

mitogénétique ». Depuis 1938, il n'a pu vérifier mes nouvelles observations; mais la simple comparaison des figures ci-jointes avec celle de deux Notes antérieures ([3]) suffit à établir le caractère vraiment prophétique de ses conclusions.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Chute de la sensibilité aux rayons* X *chez la Souris nouveau-née en état d'asphyxie*. Note de M. **Antoine Lacassagne**.

Depuis que Schwartz ([1]) a montré qu'en anémiant une région par compression pendant l'irradiation, on en diminuait la radiosensibilité, plusieurs procédés ont été éprouvés, en thérapeutique comme en expérimentation, pour réduire la circulation locale : injections d'adrénaline, ligature des vaisseaux afférents, refroidissement par application de glace. Récemment encore Evans, Robbie, Goodrich et Slaughter ([2]) ont irradié, à des températures variant de 0 à 40°C, de petits territoires de peau de l'abdomen, chez des rats nouveau-nés enfermés dans une boîte dont la double paroi contenait de l'eau portée à la température désirée. Ils ont constaté que les réactions cutanées, observées après l'administration de 2400 *r* à basse température (rayons X de 130 kV), n'étaient pas plus fortes que celles produites par une dose de 900 *r* administrée à la température ambiante. Ces auteurs concluent, comme l'avait fait Schwartz, à l'importance possible des processus métaboliques dans la détermination de la lésion provoquée par les radiations.

Il semble possible d'aller plus loin dans l'étude des modifications apportées à la radiosensibilité par l'arrêt de la circulation sanguine.

I. Le procédé usuel d'anesthésie par le froid des petits Mammifères nouveau-nés a d'abord été utilisé. Des souriceaux d'une même portée sont irradiés en totalité au sortir d'un séjour de 10 minutes dans un frigidaire, à une température légèrement inférieure à 0°C, d'autres le sont dans des conditions analogues, mais à la température du laboratoire. Le rayonnement provient d'un tube à anticathode de molybdène, alimenté à un potentiel de 33 kV sous 15 mA; la dose de 1500 *r* est administrée en 1 minute, à la distance peau-anticathode de 17^{cm}. La diminution de la radiosensibilité des animaux refroidis est grossièrement manifeste. Le poids moyen de tous les animaux était de $1^{g},5$ avant l'irradiation, 10 jours plus tard, les témoins irradiés survivants pèsent $2^{g},5$; les irradiés refroidis $3^{g},2$ et un témoin normal $4^{g},1$. Tous les témoins irradiés sont morts 11 jours après l'irradiation; leur peau est restée entièrement glabre. Les irradiés refroidis survivent tous

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 822; 135, 1941, p. 860.

([1]) *Münch. med. Wochens.*, 56, 1909, p. 1217.

([2]) *Proceed. Soc. Exp. Biol. a. Med.*, 46, 1941, p. 662.

et subissent seulement un retard de croissance des poils, sur le côté du corps le plus rapproché du foyer au moment de l'irradiation.

II. Il était intéressant de rechercher si l'on peut maintenir des Souriceaux en état de mort apparente par asphyxie, pendant un temps suffisant pour permettre une irradiation. Une souris nouveau-née est placée dans un petit récipient en paraffine, muni de deux tubulures latérales en verre; le couvercle, constitué par une feuille d'aluminium de 5/10 de millimètre, est ensuite luté à la paraffine. Après un séjour de 10 minutes dans de l'azote circulant, la souris est retirée refroidie et cyanosée; mais les mouvements respiratoires reprennent dès que l'on réchauffe l'animal. Des expériences ont été pratiquées dans ces conditions, l'irradiation commençant après 5 minutes de séjour dans l'azote. Les résultats ont été semblables à ceux rapportés ci-dessus.

L'asphyxie par CO^2 donne un résultat plus complet; il est déjà plus difficile de ranimer les animaux. La désensibilisation à l'action des rayons est également plus marquée : la dose de 1500 *r* laisse les souriceaux apparemment indifférents; ils se développent à la même allure qu'un témoin normal, alors que ceux irradiés dans les conditions habituelles sont tous morts 12 jours plus tard.

De ces résultats il semble ressortir que les réactions de la matière vivante aux radiations sont subordonnées à des processus d'oxydation qu'il est tentant de rapprocher de ceux que Loiseleur et Latarjet ([3]) ont mis en évidence par irradiation de substances organiques en solution aqueuse. Le fait que les Levures conservent une radiosensibilité constante à des températures très différentes ([4]) ne contredit pas l'hypothèse envisagée.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

([3]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 24, 1942, p. 172.

([4]) A. Lacassagne et F. Holweck, *C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930, p. 1221.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 SEPTEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice sur M. TULLIO LEVI-CIVITA, par M. ÉLIE CARTAN.

C'est avec un grand retard que l'Académie a été informée du décès de notre Confrère M. Tullio Levi-Civita, survenu à Rome le 29 décembre 1941. Né à Padoue le 29 mars 1873, il fit ses études à l'Université de sa ville natale, où il devint successivement assistant, professeur libre, professeur extraordinaire et professeur ordinaire de Mécanique rationnelle (1902). En 1918 il fut appelé à l'Université de Rome, où il fut chargé d'abord de la chaire d'Analyse supérieure, puis en 1928 de la chaire de Mécanique rationnelle.

L'œuvre scientifique de Levi-Civita est considérable et englobe l'Analyse mathématique, la Géométrie différentielle, la Mécanique, l'Hydrodynamique, la Physique mathématique.

Après quelques recherches variées d'Analyse, Levi-Civita se signala à l'attention du monde savant par plusieurs travaux importants de Mécanique, dont je citerai deux des plus saillants. Il a résolu complètement, en ce qui concerne les mouvements spontanés, le problème, posé par Painlevé, de la transformation des équations de la Dynamique, qu'il a ramené à celui de la représentation géodésique des variétés riemanniennes. Il a poursuivi et complété les recherches de Liapounoff sur la stabilité des mouvements, montrant en particulier sur des exemples simples que la stabilité est plus exceptionnelle que ne pourrait le faire croire la méthode des petites oscillations. En Mécanique céleste, on doit en particulier à Levi-Civita une régularisation canonique des équations différentielles du problème des trois corps au voisinage d'un choc binaire, plus simple que la régularisation célèbre de Sundman.

En Hydrodynamique, je citerai deux groupes de travaux particulièrement importants. Le premier se rapporte à la théorie du sillage, inaugurée par Helmholtz en vue d'expliquer un profond désaccord avec l'expérience que soulevait la théorie classique du mouvement d'un liquide parfait dans lequel est immergé un solide; la théorie des mouvements plans avec sillage de Levi-Civita constitua dans cet ordre d'idées un progrès remarquable et suscita de

nombreuses recherches en Italie et à l'étranger, en particulier de nos Confrères Marcel Brillouin et Henri Villat. Un autre groupe de travaux se rapporte à la recherche des ondes irrotationnelles périodiques d'ampleur finie et se propageant sans altération de forme; Stokes et Lord Rayleigh s'étaient beaucoup occupés de ce problème, et Lord Rayleigh en était arrivé à douter de l'existence de telles ondes. Levi-Civita trancha la question en résolvant complètement le problème, et son travail fut encore l'origine de nombreux travaux ultérieurs (Struik, Weinstein etc.).

En Physique mathématique, je me contenterai de signaler un article remontant à 1897, dans lequel Levi-Civita déduit les équations de Maxwell des anciennes lois d'action à distance de Coulomb, Biot-Savart, F. Neumann, en remplaçant simplement les potentiels ordinaires par des potentiels retardés. On trouve là un exemple frappant du souci constant qu'a montré Levi-Civita d'éclairer les idées nouvelles en les rattachant autant que possible aux bases les plus solides de nos connaissances antérieures. On trouve trace de ce souci dans des Mémoires récents sur les invariants adiabatiques et dans une exposition élémentaire nouvelle des principes de la Relativité restreinte.

Les travaux dont je viens de parler auraient suffi pour assurer à Levi-Civita un rang éminent parmi les mathématiciens. Mais ce qui a permis à la renommée de notre Confrère de déborder le cercle des spécialistes, c'est le rôle qu'il a joué dans l'histoire du calcul différentiel absolu, ce sont les nombreuses applications qu'il en a données. Élaboré à partir de 1884 par Gregorio Ricci, le maître de Levi-Civita à l'Université de Padoue, le calcul différentiel absolu, qui trouve son origine dans les travaux de Gauss, Lamé, Riemann, Beltrami, Christoffel, Darboux, est essentiellement une théorie analytique des formes différentielles quadratiques et de leurs invariants. Levi-Civita fut un des premiers à comprendre et à montrer, par ses propres travaux, que le nouveau calcul constituait un puissant instrument de découverte. C'est à la collaboration de Levi-Civita et de Ricci qu'est dû le Mémoire célèbre inséré en 1900 dans les *Mathematische Annalen* sous le titre *Méthodes de calcul différentiel absolu et leurs applications*, et qui rendait évidente, pour les mathématiciens avertis, l'importance du nouveau calcul. Néanmoins il a fallu, quinze ans plus tard, que notre Confrère Einstein adoptât le calcul différentiel absolu comme l'unique instrument approprié aux problèmes mathématiques posés par sa théorie de la Relativité généralisée pour que ce calcul sortît du cercle assez étroit dans lequel il était utilisé. La connaissance du calcul différentiel absolu est dès lors devenue indispensable à tout mathématicien et à tout physicien.

Il était réservé à Levi-Civita de lui apporter un dernier perfectionnement par la découverte en 1917 de la notion du transport parallèle. En rendant plus intuitives les notions fondamentales du calcul différentiel absolu, elle faisait entrer une théorie, jusqu'alors purement analytique, dans le domaine de la Géométrie. Il en résulta des répercussions profondes sur le développement de

la Géométrie elle-même, à laquelle la découverte de Levi-Civita donna un nouvel essor, comparable par son ampleur à celui que lui avait imprimé près d'un demi-siècle auparavant le célèbre Programme d'Erlangen de Felix Klein. Une théorie générale nouvelle des transports parallèles et des connexions, susceptible de fournir de nouveaux schémas géométriques aux physiciens, allait s'édifier par les travaux de H. Weyl, J. A. Schouten, O. Veblen, L. Eisenhart, É. Cartan. Par son rôle de précurseur dans cette ample floraison de la Géométrie différentielle, le nom de notre confrère Levi-Civita est assuré d'une place non moins éminente dans l'histoire de la Géométrie que dans l'histoire de l'Analyse, de la Mécanique et de la Physique mathématique.

Il me reste à dire quelques mots des importantes contributions apportées par Levi-Civita à la théorie de la Relativité généralisée, spécialement dans le domaine de la nouvelle Mécanique céleste. On peut citer de notre Confrère plusieurs Mémoires fondamentaux sur les Univers statiques. Il s'est attaqué avec succès au problème général des deux corps, où se présentent déjà de très grosses difficultés, signalées par notre Confrère Marcel Brillouin, et tenant à la non-validité du principe de l'action et de la réaction. Par une analyse serrée, Levi-Civita a pu énoncer des conclusions précises se rapportant à certaines inégalités séculaires, susceptibles d'être soumises au contrôle de l'expérience par une observation suffisamment prolongée de certaines étoiles doubles.

Levi-Civita a publié plusieurs Ouvrages didactiques, où se remarquent ses qualités de clarté et d'élégance. Je me contente de citer un grand Traité de Mécanique rationnelle, en collaboration avec M. Ugo Amaldi, ses *Lezioni di Calcolo differenziale assoluto* (1925), dont une édition anglaise (1927) est enrichie de toute une partie nouvelle consacrée aux applications à la Physique, enfin un petit livre traduit en français, *Caractéristiques des systèmes différentiels et propagation des ondes*, où la simplicité de l'exposition s'allie à la profondeur des points de vue.

Levi-Civita a été souvent appelé à exposer ses découvertes à l'Étranger, et de nombreuses Académies ont tenu à honneur de se l'attacher comme Membre. Correspondant de notre Académie dans la Section de Mécanique dès 1911, il a été élu Associé étranger en 1938. Dans son pays, il était Membre de l'Académie nationale des Lincei, et, parmi les distinctions qui lui furent accordées, celle à laquelle il ne fut sans doute pas le moins sensible fut en 1937 sa nomination de Membre de l'Académie pontificale internationale des Sciences que venait de créer le pape Pie XI.

Dans sa vie tout entière consacrée à la Science, Levi-Civita s'était attiré, par ses qualités d'homme, l'estime profonde de ses collègues et l'affectueuse vénération de ses élèves. Nous adressons à M[me] Levi-Civita, qui sut l'entourer constamment de sa vigilante affection, l'expression de notre très respectueuse sympathie.

BIOLOGIE. — *Sur deux types généraux de régression numérique chez les Acariens.* Note de M. **François Grandjean.**

Dire qu'une évolution phylogénétique est régressive et qu'elle se fait par tout ou rien, ou encore, plus brièvement, qu'elle est une régression numérique, n'est pas suffisant pour la définir. Étudions les organes extérieurs des Arthropodes, dans un groupe d'Acariens comprenant les Oribates, les Pachygnathidæ et les Terpnacaridæ ([1]). On y distingue aisément des régressions numériques de plusieurs sortes.

Dans certains cas, l'organe disparaît au cours de l'ontogénie (rétrorégression). Ce cas comprend lui-même plusieurs types. Je n'en parle pas ici, car je le considère comme exceptionnel. Dans d'autres, beaucoup plus fréquents, son ontogénie reste progressive (prorégression) ou du moins non régressive. C'est le cas général, mais il n'est pas simple, comme le montre la comparaison des espèces.

Selon les espèces (ou les races), un organe peut se former à la larve, à la proto-, à la deuto-, à la tritonymphe, ou à l'adulte. Il peut aussi manquer, ce qui voudra dire, sauf indication contraire, qu'il manque à toutes les stases. Pour chaque organe, dressons un tableau donnant ces renseignements. Procédons de la même manière pour tous les organes et comparons les tableaux entre eux. Laissons de côté ceux qui se rapportent à des organes constants. Les autres sont principalement de deux types que je désigne par A et B pour ne faire d'abord aucune hypothèse.

Dans le type A, le tableau comprend des stases qui changent avec les espèces, depuis une stase S_0 jusqu'à l'adulte, sans prépondérance, ou du moins sans prépondérance excessive, de S_0.

Voici un exemple de ce type, qui est très commun :

Le poil v' du génual I se forme à la protonymphe chez *Eulohmannia Ribagai*, *Heminothrus Targionii*, *Nothrus palustris*, *Hermannia reticulata* etc.; à la deutonymphe, chez *Parhypochthonius aphidinus*, *Nanhermannia nanus*, *Camisia segnis*, *Poroliodes farinosus*, *Ceratoppia bipilis* etc.; à la tritonymphe, chez *Eniochthonius pallidulus*, *Trhypochthonius tectorum*, *Fuscozetes fuscipes*, *Pelops acromios* etc.; à l'adulte, chez *Pseudotritia ardua*, *Trimalaconothrus* sp., *Scheloribates lævigatus* etc. Il manque chez *Hypochthonius rufulus*, *Meristacarus porcula*, *Trhypochthoniellus setosus* etc.

Dans cet exemple, où S_0 est la protonymphe, toutes les stases postlarvaires sont abondamment représentées. Pour d'autres organes, le tableau est plus court, S_0 étant la deutonymphe, la tritonymphe ou l'adulte. Il peut aussi

---

([1]) En réalité je ne choisis pas ce groupe. C'est actuellement le seul dont je connaisse assez le développement pour pouvoir faire, entre espèces, de très nombreuses comparaisons à toutes les stases.

être moins complet, certaines stases ne correspondant qu'à un petit nombre d'espèces, ou même à aucune, mais l'organe, sauf le cas où S_0 est l'adulte, montre néanmoins qu'il est capable de se former à des stases diverses. Il n'y a pas d'exemple, pour le moment, dans lequel S_0 soit la larve.

Le type A est celui de la régression par retardement. J'en ai parlé déjà à plusieurs reprises. L'organe qui régresse est chassé, de stase en stase, dans le sens de l'ontogénie, c'est-à-dire vers l'adulte, et finalement disparaît.

Dans le type B, le tableau ne comprend qu'une seule stase, que j'appelle S_0, de sorte que l'organe apparaît à cette stase, ou n'existe pas. Je place également dans ce type les organes qui apparaissent presque toujours à S_0, sauf chez un très petit nombre d'espèces où ils se forment à une stase postérieure.

Voici des exemples :

Le poil *d* du fémur III, quand il existe, est toujours larvaire (formé dès la larve). Il manque chez *Bimichaelia diadema*.

Les deux poils exobothridiques du prodorsum, de chaque côté, appelés aussi exostigmatiques ou latéraux, existent dès la larve chez les *Palæacariformes*, *Parhypochthonius*, les *Hypochthoniidæ*, les *Lohmanniidæ*, *Eulohmannia*, *Pachygnathus*, *Bimichaelia*, les *Terpnacaridæ*. Chez les autres Acariens du groupe, de beaucoup les plus nombreux, un de ces poils manque et quelquefois le deuxième également. Je n'ai jamais vu un poil exobothridique se former au cours du développement.

Les 3 anneaux postlarvaires de l'opisthosoma n'apparaissent qu'un à un et sans interruption dans l'ontogenèse. Le 1er anneau (VI), s'il existe, est protonymphal. Le 2e (VII), s'il existe, est deutonymphal et, dans tous les exemples connus, un anneau protonymphal s'est formé avant lui. Le 3e (VIII), s'il existe, est tritonymphal et, dans tous les exemples connus, 2 anneaux, l'un deutonymphal et l'autre protonymphal, se sont formés avant lui.

On peut répéter pour les 3 cupules postlarvaires de l'opisthosoma, de chaque côté, ce que je viens de dire des anneaux. Si elles existent, elles sont respectivement protonymphale sur V, deutonymphale sur VI et tritonymphale sur VII.

Le poil *l'* du génual III, quand il existe, est larvaire. Il manque chez la plupart des *Malaconothridæ*. Chez *Nanhermannia nanus*, il se forme à la tritonymphe ou à l'adulte.

Le solénidion ω_2II (postlarvaire du 2e tarse) est deutonymphal chez *Sebaia*, *Bimichaelia* et presque tous les Oribates. Il manque chez *Pachygnathus*, *Petralycus*, *Eniochthonius*, *Meristacarus*, *Camisia*, *Nothrus*, et les *Malaconothridæ*. Chez *Pseudotritia ardua*, il est tritonymphal.

Le type B est celui de la suppression brusque. A de rares exceptions près, l'organe qui régresse disparaît simultanément à toutes les stases. On peut dire qu'il est lié à la stase S_0 en ce sens qu'il ne semble pouvoir se former qu'à cette stase.

Le plus souvent, dans le groupe zoologique étudié, un organe postlarvaire qui régresse est du type A, tandis que, s'il est larvaire, il appartient au type B ([2]). D'assez nombreux organes postlarvaires appartiennent cependant aussi au type B.

Envisageons maintenant les écarts individuels. J'ai signalé leur accord avec des différences entre espèces ([3]). La distinction des types A et B est fondée sur ces dernières différences. Est-elle possible dans un cadre plus étroit, celui de l'espèce, d'après des différences entre individus?

Quand un organe évolue selon le type A, il est en général facile de trouver des espèces où cet organe est nettement aléatoire. C'est alors principalement à sa stase de formation. L'organe apparaît avec le maximum d'écarts. Dès la stase suivante, il n'en a plus guère, ou même aucun. La probabilité d'existence de l'organe, en fonction du temps ontogénétique, est très rapidement croissante.

Quand un organe évolue selon le type B, ses écarts individuels sont presque toujours très rares. On observe, par exemple, un écart pour une centaine d'observations, de sorte qu'il faudrait examiner plus d'un millier d'exemplaires, à chaque stase, pour pouvoir déduire quelque chose des résultats obtenus. Encore pourrait-on supposer que des écarts aussi clairsemés sont accidentels. Ces conditions sont décourageantes. Cependant, si l'organe n'est pas larvaire, ses écarts m'ont paru moins rares chez certaines espèces et j'ai enfin trouvé un cas où ils sont très communs. C'est celui du solénidion ω_2II chez *Sebaia rosacea*.

Le tableau suivant donne pour cet organe, chez *Sebaia*, et en même temps pour un organe aléatoire du type A, le poil l'' du 2ᵉ tibia, observé sur les mêmes exemplaires, les nombres d'exemplaires de chaque stase ayant les caractères indiqués. Il donne aussi les fréquences. La population de *Sebaia* a été recueillie en deux fois, en juin et août 1938, mais au même point du sol, sous un épicéa.

		Larve.	Proto-nymphe.	Deuto-nymphe.	Trito-nymphe.	Adulte.
Nombre d'exemplaires observés		50	32	50	50	50
ω_2II (type B)	Présence des 2 côtés du corps.	0	0	12	13	12
	» d'un seul côté »	0	0	29	27	30
	Absence des 2 côtés »	50	32	9	10	8
	Fréquence de l'organe	(0:100)	(0:64)	(53:100)	(53:100)	(54:100)
l''TII (type A)	Présence des 2 côtés du corps.	0	0	1	50	49
	» d'un seul côté »	0	0	14	0	1
	Absence des 2 côtés »	50	32	35	0	0
	Fréquence de l'organe	(0:100)	(0:64)	(16:100)	(100:100)	(99:100)

([2]) Les organes postlarvaires étant beaucoup plus variables que les larvaires, dans leur ensemble, on remarque le type A plus vite que l'autre. Après mes premières observations sur la régression numérique des petits organes, j'ai même parlé du retardement, d'une manière plus ou moins implicite, comme du seul type général.

([3]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1854; **214**, 1942, p. 732.

Le contraste entre les deux organes, pour le comportement ontogénétique des écarts, est aussi marqué que possible. Le poil l'' n'est franchement aléatoire qu'à la deutonymphe. Ensuite sa probabilité prend une valeur voisine de 1. Pour le solénidion ω_2, au contraire, l'existence de l'organe est aléatoire à partir de la deutonymphe, et l'on peut admettre que la probabilité, voisine de 0,5, ne change plus.

Ainsi, d'après cet exemple, la distinction entre A et B peut se faire dans chaque espèce, sans la comparer à d'autres, pourvu que l'organe étudié ait des écarts assez nombreux. Il suffit de voir si la fréquence croît très vite dans l'ontogenèse ou reste à peu près invariable.

Si d'autres exemples venaient confirmer celui-ci, nous aurions un nouvel argument, très remarquable, en faveur de la signification évolutive des écarts.

Dans le type B, l'organe se comporte quelquefois, très rarement, comme dans le type A. J'en ai cité deux exemples dans cette Note (l'GIII chez *Nanhermannia nanus*, ω_2II chez *Pseudotritia ardua*). De ces exceptions nous ne pouvons rien conclure pour le moment, mais seulement retenir, s'il est prouvé qu'elles ne correspondent pas à des erreurs d'homologie, que la séparation entre A et B n'est pas absolue pour tous les organes.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Remarques sur les théorèmes d'isomorphisme.* Note de M. **Paul Dubreil**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Nous nous proposons de montrer que les *théorèmes d'isomorphisme* de la théorie des groupes résultent, par simple spécialisation, de propositions beaucoup plus générales, valables pour des *groupoïdes quelconques* (1) (théorèmes 1*b*, 2*b*). Dans le même ordre d'idées, nous avons déjà indiqué des théorèmes valables pour des ensembles et des équivalences quelconques : avec certaines précisions supplémentaires, nécessaires pour la suite, ils nous serviront ici de points de départ (théorèmes 1*a*, 2*a*) (2).

---

(1) Nous employons ici le mot *groupoïde* dans le même sens que O. Ore, c'est-à-dire ensemble où est définie une opération (ou loi de composition). Cette signification ne doit pas être confondue avec celle qui a été donnée au même mot par Brandt (*Math. Ann.*, 96, 1926, p. 360).

(2) Cf. P. Dubreil et M.-L. Dubreil-Jacotin, *Journal de Math.*, 18, 1939, p. 85. Nous renvoyons à ce travail, ainsi qu'à celui qui est cité dans la note (3), pour certaines définitions qui ne peuvent être rappelées ici. Les théorèmes 1*b*, 2*b* ont été exposés dans des conférences faites à l'Institut Henri Poincaré, à Paris, en mars 1941. Je viens d'avoir connaissance d'un intéressant travail de M. O. Borůvka [*Ueber Ketten von Faktoroiden*

2. Soit $x \rightarrow \bar{x}$ une application univoque d'un ensemble $E = \{x, \ldots\}$ sur un ensemble $\bar{E} = \{\bar{x}, \ldots\}$. Désignons par $\mathfrak{p}$ l'*équivalence d'application*, définie par

$$x_1 \equiv x_2 (\mathfrak{p}), \qquad \text{si} \quad \bar{x}_1 = \bar{x}_2.$$

THÉORÈME 1*a*. — *Les équivalences* $\bar{\mathcal{R}}$ *définies dans* $\bar{E}$ *et les équivalences* $\mathcal{R}$ *définies dans* E *et contenant* $\mathfrak{p}$ *se correspondent biunivoquement, les relations*

$$x_1 \equiv x_2 (\mathcal{R}) \qquad \text{et} \qquad \bar{x}_1 \equiv \bar{x}_2 (\bar{\mathcal{R}})$$

étant vérifiées en même temps. Les ensembles-quotients $E/\mathcal{R}$, $\bar{E}/\bar{\mathcal{R}}$ *se correspondent biunivoquement* (3).

Supposons maintenant que les ensembles E, $\bar{E}$ soient des *groupoïdes* auxquels est associé éventuellement un même domaine d'opérateurs Δ, et que l'application $x \rightarrow \bar{x}$ soit un *homomorphisme permis* $E \sim \bar{E}$.

THÉORÈME 1*b* (*premier théorème d'isomorphisme pour les groupoïdes*). — *Les équivalences* $\mathcal{R}$ *et* $\bar{\mathcal{R}}$ *qui se correspondent biunivoquement comme l'indique le théorème* 1*a, sont en même temps régulières et permises, et la correspondance biunivoque entre les groupoïdes quotients* $E/\mathcal{R}$, $\bar{E}/\bar{\mathcal{R}}$ *est un isomorphisme permis.*

Le premier théorème d'isomorphisme pour les groupes s'en déduit immédiatement en utilisant le théorème 1 du Mémoire cité dans la note (3).

(*Math. Ann.*, 118, 1941, p. 41)] où sont traités indépendamment des problèmes analogues. La méthode utilisée ici diffère de celle de M. Borůvka par l'emploi systématique des équivalences. M. Borůvka donne le nom de *factoroïde* au groupoïde-quotient. Son étude, très complète, conduit à un théorème de Jordan-Hölder pour les chaînes de factoroïdes.

(3) Malgré son caractère très général, cette proposition contient déjà le théorème classique sur les *groupes imprimitifs*. Soit Γ un groupe transitif de transformations d'un ensemble E en lui-même. Une équivalence $\mathcal{R}$ définie dans E est appelée *équivalence d'imprimitivité* (pour Γ) si

$$x \equiv y (\mathcal{R}) \qquad \text{entraîne} \quad \sigma x \equiv \sigma y (\mathcal{R}) \qquad \text{pour tout} \quad \sigma \in \Gamma.$$

Γ est *imprimitif* s'il existe au moins une équivalence d'imprimitivité autre que l'égalité ou l'équivalence absolue. Distinguons dans E un élément a : en associant à chaque transformation $\sigma \in \Gamma$ l'élément $x = \sigma a$ de E, nous définissons une application univoque de Γ sur E. L'équivalence d'application $\mathfrak{p}_a$, définie par

$$\sigma \equiv \sigma' (\mathfrak{p}_a), \qquad \text{si} \quad \sigma a = \sigma' a,$$

est évidemment régulière à gauche; la classe-unité H_a est donc un sous-groupe de Γ [cf. P. DUBREIL, *Contribution à la Théorie des demi-groupes*, th. 2 (*Mémoires de l'Académie des Sc.*, t. 63, p. 3)]; H_a est d'ailleurs le sous-groupe des transformations de Γ qui laissent a invariant. Il existe, d'après le théorème 1*a*, une correspondance biunivoque entre les équivalences $\mathcal{R}$ de E et les équivalences $\mathfrak{p}$ de Γ qui contiennent $\mathfrak{p}_a$. D'autre part, on voit aisément que, pour que $\mathfrak{p}$ soit régulière à gauche, il faut et il suffit que $\mathcal{R}$ soit une

3. Une équivalence $\mathfrak{p}$, définie dans un ensemble E, mais considérée seulement dans une partie M de E, sera dite *limitée à* M et désignée par $\mathfrak{p}_M$. D'autre part, nous appellerons *extension saturée* de M par $\mathfrak{p}$ et désignerons par $S = \mathfrak{p}(M)$ l'ensemble de tous les éléments de E équivalents mod $\mathfrak{p}$ à au moins un élément $m \in M$.

THÉORÈME 2*a*. — *Les ensembles-quotients* $M/\mathfrak{p}_M$ *et* $S/\mathfrak{p}_S$ *se correspondent biunivoquement, les classes homologues étant celles qui contiennent un même élément de* M.

Supposons que E soit un *groupoïde avec opérateurs*, et que $\mathfrak{p}$ soit une *équivalence régulière et permise*.

THÉORÈME 2*b* (*second théorème d'isomorphisme pour les groupoïdes*). — $\mathfrak{p}_M$ *est une équivalence régulière et permise,* S *est un sous-groupoïde permis, dans lequel* $\mathfrak{p}_S$ *est régulière et permise, et l'on a l'isomorphisme permis*

$$\frac{M}{\mathfrak{p}_M} \simeq \frac{S}{\mathfrak{p}_S}.$$

Si E est un *groupe*, la classe-unité mod $\mathfrak{p}$ est un *sous-groupe invariant permis* U de E. Si, de plus, M est un *sous-groupe permis* de E, la classe-unité mod $\mathfrak{p}_M$ est le sous-groupe invariant permis $U \cap M$; S est le sous-groupe permis UM, et l'on retrouve le théorème classique

$$\frac{M}{U \cap M} \simeq \frac{UM}{U}.$$

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Déformation des solides.*
Note de M. **Christian de Carbon**, présentée par M. Albert Caquot.

L'hypothèse de Hooke, base du calcul élastique des contraintes, n'est qu'approchée. Elle s'éloigne beaucoup des faits dès que les déformations sont importantes, et s'en écarte même aux faibles amplitudes, comme le montre l'existence du frottement interne.

L'analyse des faits expérimentaux m'a montré que la déformation peut être considérée comme la somme de deux termes :

1° un terme indépendant du temps (compte tenu des forces d'inertie);

équivalence d'imprimitivité pour Γ; or, à une équivalence $\mathfrak{p}$ régulière à gauche correspond comme classe-unité un sous-groupe H de Γ, ensemble des transformations σ telles que $\sigma a \equiv a(\mathcal{R})$. Par conséquent, *les équivalences d'imprimitivité relatives au groupe transitif* Γ *correspondent biunivoquement aux sous-groupes* H *compris entre* Γ *et le groupe* H_a *des transformations de* Γ *qui laissent invariant un élément* a *de* E.

2° une déformation progressant avec le temps.

Les deux lois fondamentales sont les suivantes :

Première loi. — *Les déformations indépendantes du temps se déterminent comme si le corps résultait en tous points de l'assemblage intime d'éléments plastiques parfaits à caractéristiques différentes.*

Deuxième loi. — *Les déformations dépendantes du temps se déterminent comme si le corps résultait en tous points de l'assemblage intime d'éléments visqueux parfaits à caractéristiques différentes.*

Première loi. — Considérons la courbe de la première déformation d'une éprouvette (*fig.* 1). L'effort F(α), suivant la déformation α, est la somme

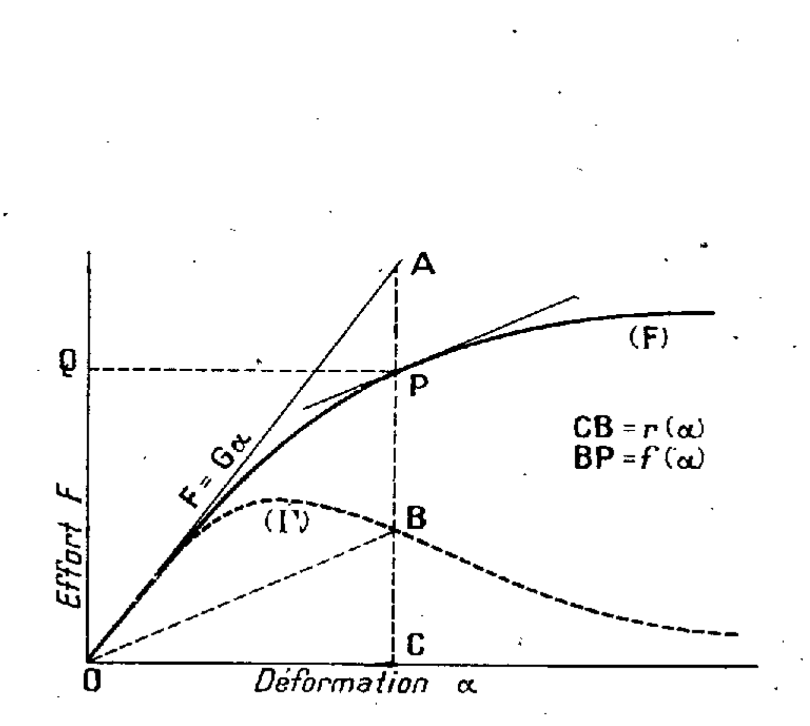


Fig. 1. — Courbe de première déformation.

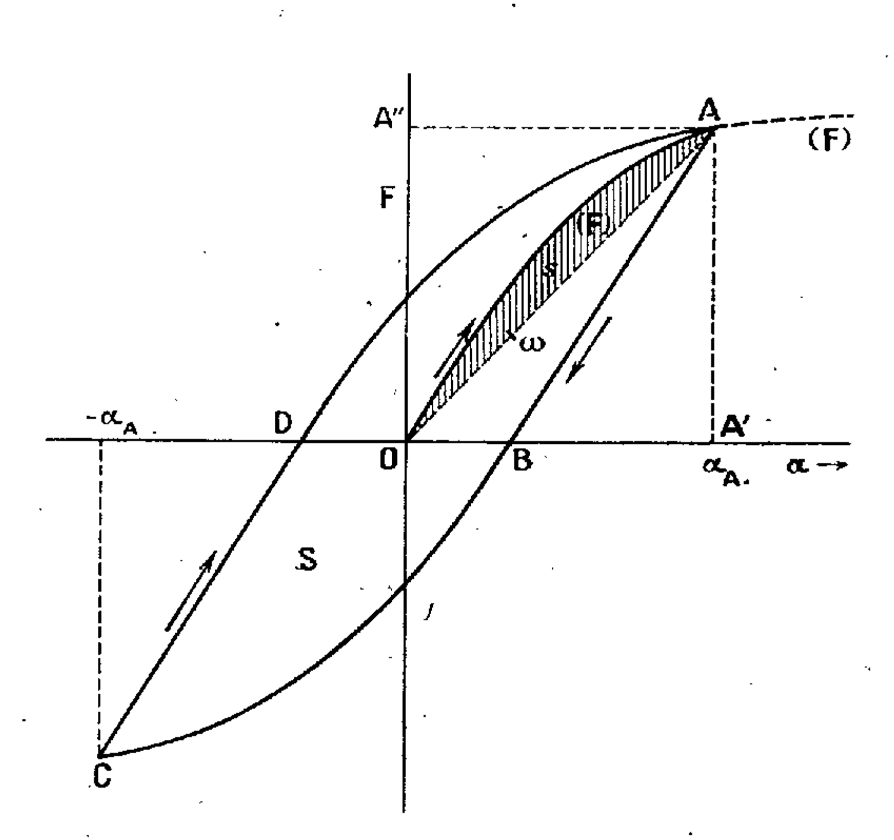


Fig. 2. — Exemple de cycle d'hystérésis mécanique.

des efforts $r(\alpha)$ de rappel élastique, et $f(\alpha)$ des frottements plastiques.

Par définition, les forces $r(\alpha)$ sont proportionnelles à α et les forces $f(\alpha)$ des constantes indépendantes de la déformation.

L'augmentation de F n'est ainsi due qu'aux éléments encore dans le domaine élastique à l'instant considéré, d'où $dF = [r(\alpha)/\alpha]\, d\alpha$, et comme conséquence $r_\alpha = (dF/d\alpha)\,\alpha$.

En menant dans la figure 1 la droite OB parallèle à la tangente en un point quelconque de la courbe, nous en déduisons

$$CB = r(\alpha) \qquad \text{et} \qquad BP = f(\alpha).$$

Le potentiel emmagasiné dans les forces élastiques peut toujours s'écrire $\int_0^F \alpha\, dF$. D'où il résulte que l'énergie dissipée dans les déformations plastiques est $\int_0^F F\, d\alpha - \alpha\, dF$.

Le potentiel élastique est représenté par l'aire du triangle curviligne OPQ, et l'énergie dissipée est égale au double de l'aire balayée par le vecteur OP.

Hystérésis mécanique. — J'ai pu vérifier expérimentalement les faits suivants qui sont des conséquences de la première loi lorsque les phénomènes de viscosité sont négligeables :

1° *La forme du cycle d'hystérésis est indépendante de la vitesse de déformation* (*fig.* 2);

2° *Le tracé du cycle se compose de deux arcs symétriques par rapport à l'origine et homothétiques dans le rapport* ± 2 *à la courbe de première déformation;*

3° *La pente de la courbe, immédiatement après chaque inversion, est ainsi la pente correspondante du diagramme de première déformation;*

4° *L'aire* S *du cycle est* 8 *fois l'aire s balayée par le vecteur* OP *dans la première déformation* $S = 8s$;

5° *A l'origine, le rayon de courbure est infini, et la courbe est impaire.*

L'hypothèse de Hooke est une loi osculatrice à la loi réelle pour les faibles déformations.

6° *L'aire du cycle d'hystérésis est donc un infiniment petit du* 4ᵉ *ordre par rapport à la déformation.*

Et dans le domaine inférieur à la limite de fatigue, l'expérience est représentée avec précision par $S = A\alpha^4 + B\alpha^6$, A et B étant deux coefficients caractéristiques des glissements internes.

7° Il en résulte pour F la valeur

$$F = a\alpha - \frac{A}{2}\alpha^3 - \frac{3B}{8}\alpha^5.$$

8° *On ne modifie pas l'énergie dissipée en ajoutant à l'effort alternatif une déformation constante de même type.*

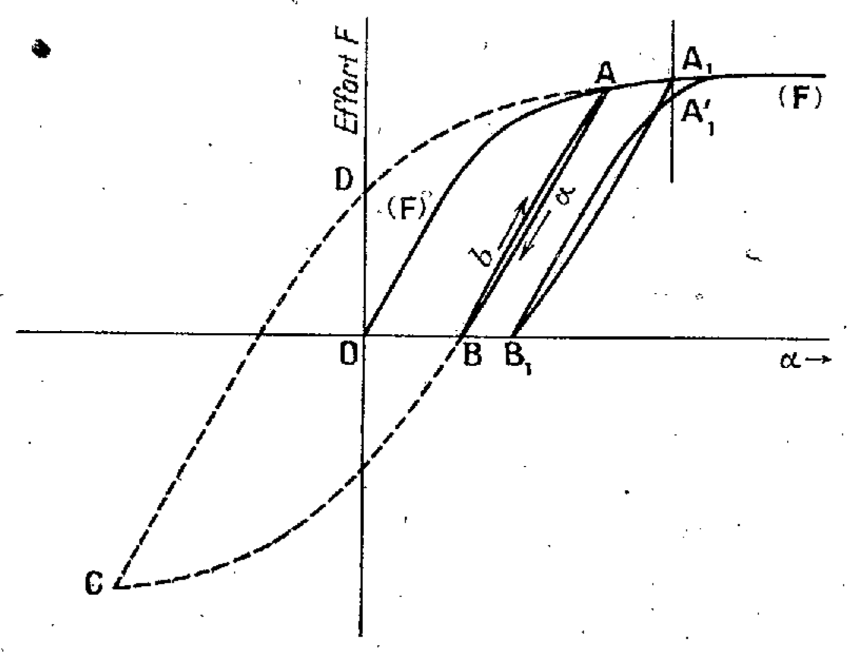


Fig. 3. — Explication du relèvement de la limite élastique par l'écrouissage, du principe de Tresca, du principe de Wiedemann.

L'écrouissage antérieur, dans ce cas de déformation de même type, est donc sans action sur le frottement interne.

9° La déformation permanente OB (*fig.* 2) est un infiniment petit du 3e ordre par rapport à la déformation α_A.

Augmentation de la limite élastique par écrouissage. — Effectuons (*fig.* 3), à partir d'un point A de la première déformation, un cycle d'hystérésis tel que A*a*B*b*A; ce cycle représente l'évolution avec plus de précision que le segment de droite AB du principe de Tresca, le point A s'appuyant sur la courbe de première déformation, comme l'indiquait Wiedemann.

Nous retrouvons ces faits classiques, mais avec une précision accrue.

La séance est levée à 16h20m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 SEPTEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL annonce à l'Académie que le tome soixante-cinquième, deuxième série, des *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France* est en distribution au Secrétariat.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance deux volumes publiés par l'ACADÉMIE DES SCIENCES DE STOCKHOLM :

CARL WILHELM SCHEELE. *Manuskript* 1756-1777, *ordnade av* C. W. OSEEN : Ljustryck et *Tolkning av* C. W. OSEEN.

HYDRAULIQUE. — *Chambre d'équilibre commune à plusieurs canaux d'amenée.* Note [1] de M. LÉOPOLD ESCANDE, transmise par M. Charles Camichel.

Nous envisageons le cas d'une usine prenant l'eau de n lacs dans lesquels les niveaux sont à une même cote, au moyen de n canaux d'amenée dont chacun réunit l'un de ces lacs à une chambre d'équilibre commune. Le problème peut aussi se poser, dans le cas de renforcement de l'équipement d'une usine existante, par addition d'un second canal d'amenée à celui qui réunit déjà le lac et la chambre d'équilibre.

Soient F la section horizontale, suppposée constante, de la chambre, Z la cote du niveau, à l'instant t, comptée positivement au-dessus du niveau statique, à partir de celui-ci, et

$$V = \frac{dz}{dt} \tag{1}$$

la vitesse ascensionnelle de ce niveau.

Soient f_1, L_1, W_1 la section, la longueur et la vitesse de l'eau à l'instant t, pour le premier canal, f_2, L_2, W_2 les mêmes éléments, pour le second, et ainsi de suite, les vitesses W étant comptées positivement vers la chambre.

Nous négligeons toutes les pertes de charge, ainsi que l'inertie de l'eau située à l'intérieur de la chambre d'équilibre.

Q désignant le débit absorbé par les turbines, à l'instant t, l'équation de continuité s'écrit

$$f_1 W_1 + f_2 W_2 + \ldots + f_n W_n = FV + Q, \tag{2}$$

---

(1) Séance du 14 septembre 1942.

et l'application de l'équation des forces vives à la masse d'eau en mouvement dans chacun des canaux donne les n relations

$$(3)\quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{L_1}{g}\dfrac{dW_1}{dt} + Z = 0, \\ \dots\dots\dots\dots\dots, \\ \dfrac{L_n}{g}\dfrac{dW_n}{dt} + Z = 0. \end{array} \right.$$

Les $n+2$ équations (1), (2) et (3) permettent de déterminer les $n+2$ fonctions inconnues de t : Z, V, W_1, W_2, ..., W_n, si l'on connaît les conditions initiales et la loi de variation de Q en fonction du temps.

Traitons, par exemple, le cas de la fermeture instantanée des turbines, Q passant instantanément du débit maximum Q_0 à zéro. On tire de l'équation (2), dans laquelle on remplace Q par zéro :

$$f_1\frac{dW_1}{dt} + f_2\frac{dW_2}{dt} + \ldots + f_n\frac{dW_n}{dt} = F\frac{dV}{dt} = F\frac{d^2Z}{dt^2}.$$

Or, d'après les n relations (3), on a

$$\frac{dW_1}{dt} = -\frac{g}{L_1}Z, \qquad \ldots, \qquad \frac{dW_n}{dt} = -\frac{g}{L_n}Z,$$

de telle sorte qu'on obtient finalement l'équation en Z

$$(4)\quad \frac{d^2Z}{dt^2} + \omega^2 Z = 0,$$

avec

$$(5)\quad \omega = \sqrt{\frac{g}{F}\left[\frac{f_1}{L_1} + \frac{f_2}{L_2} + \ldots + \frac{f_n}{L_n}\right]}.$$

Le niveau a des oscillations sinusoïdales

$$(6)\quad Z = Z_\star \sin\omega t,$$

de période $T = 2\pi/\omega$, d'amplitude

$$(7)\quad Z_\star = \frac{Q_0}{F\omega},$$

obtenue immédiatement en écrivant qu'à l'instant $t = 0$, on a

$$V = \frac{dZ}{dt} = \frac{Q_0}{F},$$

puisque tout le débit s'engouffre dans la chambre. Il est assez remarquable de constater que Z ne dépend pas de la façon dont le débit initial Q_0 se répartit entre les divers canaux.

W_{10}, W_{20}, ..., W_{n0} désignant les valeurs initiales de W_1, W_2, ..., W_n, les équations (3) donnent alors

$$(8)\quad \left\{ \begin{array}{l} W_1 = W_{10} - \dfrac{g}{L_1}\dfrac{Q_0}{F\omega^2}(1 - \cos\omega t), \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\ W_n = W_{n0} - \dfrac{g}{L_n}\dfrac{Q_0}{F\omega^2}(1 - \cos\omega t). \end{array} \right.$$

W_{10}, W_{20}, ..., W_{n0} satisfont évidemment à la relation

$$f_1 W_{10} + f_2 W_{20} + \ldots + f_n W_{n0} = Q_0.$$

En particulier, si l'on admet que le débit appelé se répartit proportionnellement aux sections entre les divers canaux, on peut remplacer, dans les relations (8), W_{10}, W_{20} ..., W_{n0}, par leur valeur commune W_0

$$W_{10} = W_{20} = \ldots = W_{n0} = W_0 = \frac{Q_0}{f_1 + f_2 + \ldots + f_n}.$$

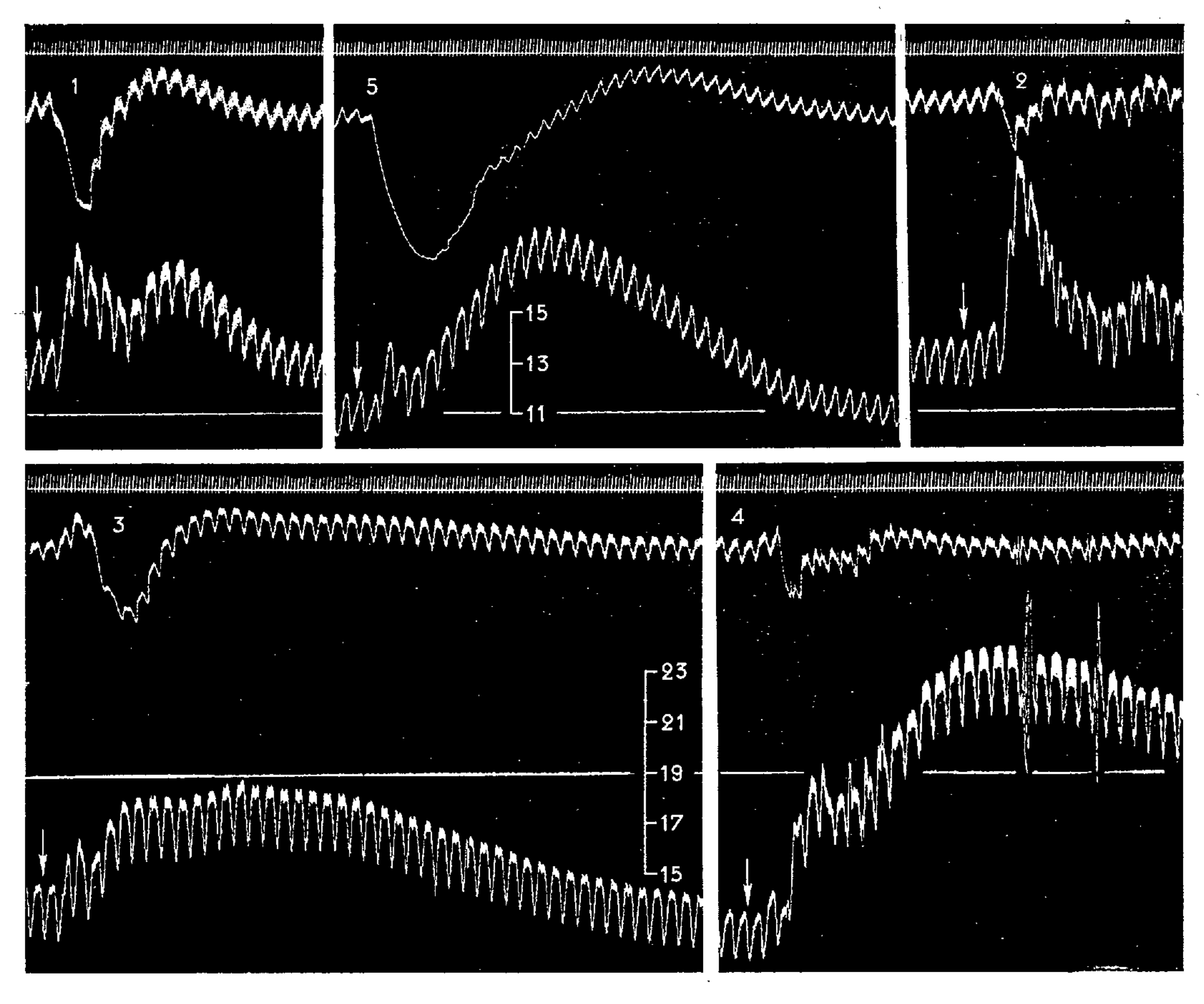
PHARMACODYNAMIE. — *L'Atis doit-il à l'atisine la totalité de ses effets physiologiques?* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Considérés par la thérapeutique hindoue comme dépourvus de toxicité et doués de vertus toniques et aphrodisiaques, les tubercules d'Atis (*Aconitum heterophyllum* Wallich) renferment un alcaloïde, l'atisine, qui diffère chimiquement et physiologiquement de ceux du groupe de l'aconitine. D'après Dunin von Wasowicz, ces tubercules contiendraient très vraisemblablement un second alcaloïde qu'il n'a pu isoler, mais A. Lawson et J. E. C. Topps n'y ont trouvé que de l'atisine. Afin de savoir si cette dernière est le seul principe actif de l'Atis, nous avons comparé ses propriétés physiologiques à celles de la drogue dont elle provient.

Nous avons constaté que le macéré aqueux d'Atis au 1/5 augmente, comme l'atisine, les effets hypertenseurs et vasoconstricteurs rénaux de l'adrénaline, mais possède une action hypertensive et vasoconstrictive que nous n'avons pu déceler dans la dite atisine. C'est ainsi qu'au début de l'expérience qui a fourni les tracés ci-joints, la quatrième injection de $0^{mg},01$ d'adrénaline avait fait passer la pression carotidienne de 140 à 179, 156 et 172^{mm} de Hg et provoqué ainsi une hypertension maximale de 39^{mm}, cependant qu'elle avait produit une vasoconstriction rénale assez faible et peu durable. Après l'injection de 45^{cm^3} du macéré d'Atis, on obtint, par l'injection de la même dose d'adrénaline, d'une part une hypertension non seulement beaucoup plus durable, mais encore nettement plus forte qu'auparavant puisqu'elle atteignit 65 au lieu de 39^{mm}, la pression carotidienne passant de 119 à 138, 128 et 184^{mm} de Hg; d'autre part une vasoconstriction rénale dont l'intensité et la durée étaient considérablement plus grandes qu'avant l'administration d'Atis.

Quant au macéré d'Atis lui-même, il se montra d'autant plus hypertenseur qu'on en injecta davantage. Après injection de 5^{cm^3}, la pression carotidienne s'éleva brusquement de 139 à 211, s'abaissa rapidement à 149, remonta progressivement à 164, puis redescendit peu à peu au voisinage du niveau initial, cependant que l'oncogramme traduisait une nette diminution du volume du rein. A la suite de l'injection de 10^{cm^3}, la pression carotidienne passa peu à peu de 148 à 165, 160 et 189^{mm} de Hg, puis diminua lentement jusqu'à un niveau proche du niveau originel, le volume du rein subissant, après une légère augmentation vraisemblablement passive, une diminution

forte et assez durable. Enfin, quand on en injecta 30$^{cm^3}$, la pression carotidienne se haussa assez rapidement de 136 à 193, puis, si l'on ne tient pas



Expérience du 1er *septembre* 1942. Chien de 9^{kg},6, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg.), bivagotomisé et soumis à la respiration artificielle. 1re et 4e lignes : temps en secondes; 2e et 5e lignes : oncogramme; 3e et 6e lignes : tensiogramme (carotide-manomètre à mercure). On a injecté dans la saphène, en 1 et en 5 : 0^{mg},01 d'adrénaline dissous dans 1$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium, en 2 : 5$^{cm^3}$, en 3 : 10$^{cm^3}$, enfin, en 4 : 30$^{cm^3}$ de macéré aqueux d'Atis au 1/5 additionné de 800^{mg} de chlorure de sodium par 100$^{cm^3}$. Tracés réduits de 40 pour 100.

compte de ses oscillations extrêmes et très passagères, à 240^{mm} de Hg; après quoi elle descendit progressivement jusqu'à un niveau un peu inférieur à celui où elle se trouvait au début; quant à l'oncogramme, il révéla ici une diminution du volume rénal moins marquée qu'à la suite de l'injection précédente.

La séance est levée à 15^{h}45^{m}.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 SEPTEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** dépose sur le bureau un Mémoire de **VITO VOLTERRA**, intitulé *Energia nei fenomeni elastici ereditarii*.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Vito Volterra. Discorso commemorativo pronunciato nella prima tornata ordinaria del sesto anno accademico, il* 30 *novembre* 1941, *da* CARLO SOMIGLIANA.

2° P.-H. FISCHER. *Ce qu'il faut savoir en dissections* (présenté par M. Auguste Chevalier).

3° E. SÉGUY. *Ce qu'il faut savoir pour connaître et exterminer les animaux pillards et destructeurs de l'Économie domestique qui détruisent pour* 110 *milliards de francs chaque année* (présenté par M. Auguste Chevalier.)

M. **GEORGES SCHAEFFER** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par le décès de M. *A. d'Arsonval.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques formes plus générales des critères de régularité de MM. de La Vallée Poussin et Wiener.* Note de M. **FLORIN VASILESCO**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On sait l'intérêt que présentent, pour la théorie moderne du potentiel, la capacité d'un ensemble, les distributions et potentiels capacitaires. Ces notions interviennent souvent, lors de l'étude d'une question, relativement à plusieurs ensembles. Or on peut envisager ceux-ci comme sous-ensembles d'un même ensemble E et balayer la distribution capacitaire de ce dernier sur les autres. Le balayage conserve le potentiel à p. p. p. (à peu près partout) et conduit à

ces notions. C'est cette propriété de *conservation* qui joue, en réalité, le rôle le plus important dans les démonstrations.

On peut donc se proposer *d'enrichir* les méthodes de recherche en utilisant partout où cela est possible des distributions générales issues de balayages à la place des distributions capacitaires. Les résultats gagneront en généralité.

L'application de ce *principe* aux critères de régularité des auteurs mentionnés et à des questions connexes nous ont permis d'obtenir les résultats suivants qui *généralisent* ceux de ces auteurs.

I. *Soit* μ *une distribution positive, dans l'espace* (à 3 dim. pour fixer les idées), *de potentiel borné* v *au voisinage d'un point* P *d'un ensemble fermé borné* E, *où l'on considérera des sphères* v_ρ *centrées en* P *de rayons* ρ. *En désignant par* v_ρ *le potentiel de la masse balayée sur l'ensemble* γ_ρE (partie commune de γ_ρ et E), *on a* (¹)

Pour P *régulier*, $v_\rho(P) = v(P)$.
Pour P *irrégulier*, $\lim_{\rho \to 0} v_\rho(P) = 0$.

Ce résultat est *valable* pour des distributions non positives qui sont différences de distributions telles que celles de l'énoncé. On pourrait le prendre pour *définition* de la régularité (donnée par μ dist. cap. de E) au moyen d'une seule dist. μ.

II. *Soit* μ *une distribution positive telle que la précédente. Si l'on considère les ensembles* T_1, T_2, ..., *définis par de La Vallée Poussin* (¹) *et que l'on désigne par* u_1, u_2, ... *les potentiels des masses de* μ *balayées sur chacun d'eux, le point* P *est régulier ou irrégulier suivant que la série* $\Sigma u_n(P)$ *diverge ou converge*.

Ce résultat admet plusieurs cas particuliers intéressants. Le premier généralise le critère de Wiener. Les voici :

III. *Si* Γ_n *est la fermeture de la partie de* E *comprise entre les deux sphères fermées de centre* P *et de rayons* λ^n *et* λ^{n+1} $(\lambda < 1)$ [*ou encore la partie commune à* E *et à la couronne fermée déterminée par ces sphères*], *le point* P *est régulier ou irrégulier suivant que la série* $\Sigma(c_n/\lambda^n)$ *diverge ou converge*, c_n *étant la masse de* μ *après son balayage sur* Γ_n.

On peut prendre pour μ la *distribution-mesure de* E (²).

IV. On peut prendre aussi pour μ *la masse-unité placée en un point* O *de l'espace, autre que* P. Son balayage sur T_n (ou Γ_n) donne la distribution de Green (ou polaire) relative à O dont la masse porte le même nom. On a alors les deux critères suivants :

A. *Si* u_n *est le potentiel de la distribution de Green sur* T_n (ou Γ_n) *relative à*

(¹) Voir de La Vallée Poussin, *Bull. de l'Acad. royale de Belgique*, 5ᵉ série, 24, 1938, fasc. vi, vii et xi, pp. 368 et 672.

(²) M. Brelot, *ibid.*, 5ᵉ série, 25, 1939, fasc. i-iv, p. 125.

$O \neq P$, *le point* P *est régulier ou irrégulier suivant que la série* $\Sigma u_n(P)$ *diverge ou converge.*

B. *Si* c_n *est la masse de Green de* Γ_n *relative à* $O \neq P$, *le point* P *est régulier ou irrégulier suivant que la série*

$$\sum \frac{c_n}{\lambda_n}$$

diverge ou converge.

Enfin, on peut généraliser de la manière suivante un autre critère.

V. *Le point* P *est régulier ou irrégulier suivant que l'intégrale*

$$\int_0^1 \frac{c_\rho}{\rho^2}\, d\rho$$

diverge ou converge, c_ρ *étant la masse de* μ *balayée sur* $\gamma_\rho E$ (³).

Il existe un *second principe* qui permet d'*enrichir* les méthodes de recherche : celui-ci consiste à passer directement de résultats établis au moyen de distributions et potentiels capacitaires à des distributions et potentiels quelconques *non nécessairement* dus à des balayages. On a des formules permettant d'opérer de tels passages. Appliqué aux mêmes questions que ci-dessus, ce principe donne les résultats suivants :

VI. *Soient* μ_n *des distributions positives, respectivement sur les ensembles* T_n *(ou* Γ_n*) de M. de La Vallée Poussin, où leurs potentiels* v_n *soient à p. p. p. uniformément bornés, la borne inférieure étant positive et non nulle.*

Le point P *est régulier ou irrégulier suivant que la série* $\Sigma v_n(P)$ *diverge ou converge.*

VII. *Le point* P *est régulier ou irrégulier suivant que la série*

$$\sum \frac{\mu_n(\Gamma_n)}{\lambda_n} \qquad [\mu_n(\Gamma_n) \text{ masse de } \mu_n]$$

diverge ou converge, μ_n *étant sur* Γ_n.

VIII. *Soit* μ_ρ *une distribution positive sur* $\gamma_\rho E$ *dont le potentiel* v_ρ*, borné* (⁴)*, soit, si on le considère à p. p. p. sur* $\gamma_\rho E$*, uniformément borné par rapport à* ρ*, la borne inférieure étant supérieure à une quantité positive et non nulle* m *lorsque* $\rho \to 0$.

Si P *est régulier,*

$$\text{p.p.}\lim_{\rho \to 0} v_\rho(P) \geq m.$$

Si P *est irrégulier,*

$$\lim_{\rho \to 0} v_\rho(P) = 0.$$

Ces résultats sont *plus généraux* que leurs analogues de la première partie de cette Note. Mais les premiers relèvent de *démonstrations directes* par l'emploi des balayages.

(³) KELLOGG et VASILESCO, *Amer. Journ. of Math.*, 51, 1929, pp. 515-526.

(⁴) Au voisinage de P.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une propriété des surfaces de recouvrement.* Note de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit Σ une surface de recouvrement simplement connexe de la sphère de rayon 1; nous désignerons par $4\pi S$ l'aire de Σ et par L la longueur de son contour. Soient, d'autre part, q domaines D_i simplement connexes et disjoints (dont certains peuvent se réduire à des points) à chacun desquels sont associés deux entiers μ_i et d_i satisfaisant aux conditions suivantes : $\mu_i > 1$; $\Sigma[1-(1/\mu_i)] \geqq 2$; $d_i \geqq 0$, l'égalité ayant lieu pour deux des d_i au moins. On considère l'ensemble des μ_i correspondant aux d_i nuls et l'on désigne par μ le deuxième de ces μ_i rangés par ordre de grandeur décroissante. On suppose enfin que

$$\sum_{i=1}^{q}\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)\min(d_i, m) < 1 + m\left[\sum_{i=1}^{q}\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)-2\right] \tag{1}$$

pour toutes les valeurs de m au moins égales à μ.

Théorème. — *Si les disques présentés par Σ sur le domaine D_i ont, à l'exception de d_i d'entre eux au plus, μ_i feuillets au moins, il existe un nombre L_0 (dépendant seulement des domaines D_i et des nombres μ_i et d_i) tel que L soit supérieur à L_0 toutes les fois que S dépasse $1/2$.*

Les éléments de la démonstration se trouvent dans notre Thèse [1] dont nous allons reprendre les notations.

Remarquons d'abord que, la relation (1) étant satisfaite pour $m \geqq \mu$, on peut trouver deux nombres positifs ε et η tels que l'expression

$$\sum\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)\min(d_i, m) - m\left[\sum\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)-2\right]-1$$

soit inférieure à $-\varepsilon$ pour toutes les valeurs de m au moins égales à $\mu-\eta$. Cela résulte de la continuité par rapport à m de l'expression considérée et de son comportement lorsque m augmente indéfiniment.

Considérons alors les domaines D_i. On peut toujours supposer qu'aucun d'eux n'est réduit à un point; s'il n'en était pas ainsi, on les agrandirait de façon qu'ils restent simplement connexes et disjoints. Soient S_i l'aire du domaine D_i, δ_0 la distance minima de ces domaines pris deux à deux, h et $h' = (q-2)h + \Sigma(1/4\pi S_i)$ les constantes que nous leur avons déjà associées (*Mémoire cité*, § 12 et 18). Dans ces conditions, on peut prendre

$$L_0 = \min\left[2\delta_0; \ldots, 2\pi S_i, \ldots; \ldots, 4\pi\eta S_i, \ldots; \frac{\varepsilon}{h'}\right].$$

---

[1] *Annales de l'École Normale supérieure*, 58, 1941, pp. 179-259.

Montrons en effet que l'ensemble des deux hypothèses $L \leqq L_0$ et $S > 1/2$ conduit à une contradiction. D'une part, il est clair que $p(D_i) \leqq \bar{n}(D_i)$ est majoré par chacune des expressions $S(D_i)$ et $d_i + [S(D_i) - d_i]/\mu_i$; sachant que $S(D_i) \leqq S + (L/4\pi S_i)$ (*Ibid.*, § 11), on en déduit l'inégalité

$$(2) \qquad p(D_i) \leqq \left(1 - \frac{1}{\mu_i}\right) \min(S, d_i) + \frac{S}{\mu_i} + \frac{L}{4\pi S_i}.$$

Remarquons d'autre part qu'il ne peut y avoir de langues que sur l'un au plus des domaines D_i. Il est d'ailleurs impossible qu'aucun point de Σ ne se trouve sur l'un des domaines D_i, car $S(D_i) = 0$ entraîne $L \geqq 4\pi S_i S > 2\pi S_i$. Il en résulte que, à l'exception de l'un d'eux au plus, les domaines D_i sont recouverts par un disque au moins; pour ceux d'entre eux auxquels correspondent des d_i nuls, on a $\mu_i \leqq S(D_i) \leqq S + (L/4\pi S_i) \leqq S + \eta$, d'où

$$(3) \qquad S \geqq \mu - \eta.$$

Si, dans l'inégalité d'Ahlfors (*Ibid.*, § 12),

$$\Sigma p(D_i) \geqq (q-2)[S - hL] + N',$$

nous remplaçons les $p(D_i)$ par les expressions majorantes (2), il vient

$$(4) \qquad \sum \left(1 - \frac{1}{\mu_i}\right) \min(S, d_i) - S\left[\sum \left(1 - \frac{1}{\mu_i}\right) - 2\right] - 1 \geqq -h'L \geqq -\varepsilon.$$

L'ensemble des inégalités (3) et (4) est en contradiction avec l'hypothèse.

Le théorème que nous venons d'établir prolonge celui d'Ahlfors [4] en atteignant le cas $\Sigma[1 - (1/\mu_i)] = 2$ et en permettant des d_i non tous nuls.

On démontre aisément que, lorsque tous les μ_i sont finis, on peut remplacer le signe $<$ par le signe $\leqq$ dans l'inégalité (1).

Application. — Soit $w = f(z)$ une fonction méromorphe dans tout le plan fini. Lorsque z décrit le cercle $|z| < r$, les valeurs w de la fonction décrivent une surface de Riemann $\Sigma(r)$ ayant un contour de longueur $L(r)$. *Si* $\underline{\lim} L(r) = 0$, *il est impossible que les disques présentés par* $\Sigma(\infty)$ *sur le domaine* D_i *aient, à l'exception de* d_i *d'entre eux,* μ_i *feuillets au moins avec* $\Sigma[1 - (1/\mu_i)] = 2$ *et* $\Sigma d_i[1 - (1/\mu_i)] \leqq 1$, *l'égalité n'étant admise que si tous les* μ_i *sont finis.*

Ce résultat s'applique aux fonctions méromorphes dans tout le plan fini et telles que $\underline{\lim}[S(r)/\log r] = 0$, ou plus particulièrement telles que $\underline{\lim}[T(r)/\log^2 r] = 0$; parmi ces fonctions se trouvent les fractions rationnelles.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Golusin.*

Note de Mlle **Jacqueline Ferrand**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On doit à M. Golusin (1) le théorème suivant :

Quelle que soit la fonction régulière et univalente dans $|z| < 1 : w = f(z) = z + a_2 z^2 + \ldots$, si $\rho(\theta)$ désigne la distance à l'origine du premier point de rencontre de la demi-droite $\operatorname{Arg} w = \theta$ issue de $w = 0$ avec la frontière Γ du domaine G décrit par $w = f(z)$, on a l'inégalité

$$\text{(I)} \qquad \int_0^{2\pi} \log\rho \, d\theta \geqq 0.$$

Nous nous proposons, dans cette Note, d'en donner une démonstration plus générale et n'utilisant pas le principe de Grötsch. Plusieurs auteurs ont essayé de le faire, mais il semble que leurs démonstrations soient, en partie, inexactes (2).

Soit $w = f(z)$ une fonction holomorphe quelconque dans la couronne $r' < |z| < r''$, représentant cette couronne sur une surface de Riemann doublement connexe G limitée par deux continus Γ', Γ''. Pour certaines valeurs de θ remplissant un intervalle $\alpha < \theta < \beta \, [0 \leqq \alpha < \beta \leqq 2\pi]$, la demi-droite $\operatorname{Arg} w = \theta$, issue du point $w = 0$, coupe Γ' et Γ'', et détermine des coupures de la surface G, en nombre fini ou infini, $\Sigma_0^1, \Sigma_0^2, \ldots, \Sigma_0^n, \ldots$: une coupure Σ_0^n est un segment contenu dans G, dont les extrémités $w = \rho'_n e^{i\theta}$ et $w = \rho''_n e^{i\theta}$ sont respectivement sur Γ' et Γ''. Nous démontrerons l'inégalité

$$\text{(II)} \qquad \int_\alpha^\beta \sum \frac{1}{|\log\rho''_n - \log\rho'_n|} \, d\theta \leqq \frac{2\pi}{\log r'' - \log r'}.$$

Soit $z = \varphi(w)$ la fonction inverse de $w = f(z)$, définie dans G. Posons $\sigma(w) = \log\varphi(w) = x + iy$. Pour rendre $\sigma(w)$ uniforme, il suffit de pratiquer sur G une quelconque des coupures Σ_0. La fonction $\sigma(w)$ représente la surface de Riemann simplement connexe ainsi obtenue $\overline{G}$ sur une bande B comprise entre $x' = \log r'$ et $x'' = \log r''$, et de largeur constante 2π. L'image d'une coupure Σ_0^n par $\sigma(w)$ est un arc T_0^n reliant les deux bords rectilignes de la bande, dont la longueur est au moins égale à $x'' - x'$. D'où l'inégalité

$$\log r'' - \log r' \leqq \left| \int_{\rho'_n}^{\rho''_n} |\sigma'(\rho e^{i\theta})| \, d\rho \right| \qquad \left[\sigma' = \frac{d\sigma}{dw}\right].$$

On élève au carré et on utilise l'inégalité de Schwarz, puis on divise par $|\log\rho''_n - \log\rho'_n|$, on fait la somme des inégalités obtenues pour toutes les

(1) *Recueil Math.*, Moscou, nouvelle série, 1 (43), 1936, (3), pp. 273-281; 2 (44), 1937, (3), pp. 617-618.

(2) Voir Bermant, *C. R. Acad. Sc. de Russie*, 18, 1938, n° 3, pp. 137-140; Biernacki, *Mathematica*, Cluj, 16, 1940, pp. 44-49.

valeurs de l'indice n et l'on intègre par rapport à θ : on obtient l'inégalité

$$\int_{\alpha}^{\beta} \sum \frac{\log r'' - \log r'}{|\log \rho''_n - \log \rho'_n|} d\theta \leq \int_{\alpha}^{\beta} d\theta \left| \int_{\rho'_n}^{\rho''_n} |\sigma'|^2 \rho \, d\rho \right|.$$

Mais l'intégrale double du deuxième membre représente l'aire *arithmétique* décrite par $\sigma(w)$, lorsque w décrit la surface de Riemann g balayée par les coupures Σ''_θ, elle est inférieure ou égale à l'aire totale de la bande B, soit $2\pi(\log r'' - \log r')$; d'où l'inégalité (II) après division par $\log r'' - \log r'$.

Remarquons, puisque l'élément de l'intégrale du premier membre est essentiellement positif, qu'on peut ne considérer que *certaines* des coupures Σ''_θ : l'inégalité est vérifiée à fortiori. Soit l la mesure de l'intervalle α, β lorsqu'on compte chaque valeur θ *autant de fois* que l'on considère de coupures sur la demi-droite $\operatorname{Arg} w = \theta$. Par une nouvelle application du lemme de Schwarz, on obtient l'inégalité

$$\text{(III)} \qquad \int_{\alpha}^{\beta} \sum |\log \rho''_n - \log \rho'_n| \, d\theta \geq \frac{l^2}{2\pi} [\log r'' - \log r'].$$

Les inégalités (II) et (III) ne se transforment en égalités que si $f(z)$ est de la forme Cz^k [C, k, constantes].

Supposons maintenant $w = f(z) = z^k + a_1 z^{k+1} + \ldots$ holomorphe dans $|z| < 1$; on peut faire tendre r' vers zéro, alors $\log \rho' - k \log r' \to 0$. Il y a, à la limite où Γ' se réduit au point $w = 0$, exactement k coupures, d'où $l = 2k\pi$. Supprimant l'indice supérieur, on obtient l'inégalité

$$\int_0^{2\pi} \sum_1^k \log \rho_n \, d\theta \geq 0.$$

$\rho_n(\theta)$ est la distance à l'origine du premier point de rencontre de la demi-droite $\operatorname{Arg} w = \theta$, tracée dans le $n^{\text{ième}}$ feuillet contenant $w = 0$, avec la frontière Γ de la surface. Si, en particulier, $k = 1$, c'est-à-dire si $|f'(0)| = 1$, on obtient l'extension énoncée par M. Bermant (²).

HYDRAULIQUE. — *Sur l'utilisation des vortex en tête des évacuateurs de crues à galerie souterraine.* Note (¹) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans des expériences antérieures, nous avons, M. Camichel, M. Crescent et nous-même, mis en évidence la bonne approximation avec laquelle l'écoulement dans les galeries souterraines d'évacuation des crues obéit à la similitude de Reech-Froude, et nous avons attiré l'attention sur les phénomènes alternatifs redoutables qui peuvent, dans certains cas, accompagner le passage de l'écoulement libre à l'écoulement en charge, en l'absence de dispositifs

(¹) Séance du 21 septembre 1942.

spéciaux dont nous avons indiqué le principe ([2]). D'autre part, en étudiant la similitude des tourbillons à axe aéré, M. Camichel, M. Sabathé et nous-même, nous avons constaté qu'elle suit la loi de Reech-Froude, la cheminée centrale du vortex ayant seulement tendance à se former plus facilement et à être relativement plus importante dans les modèles à grande échelle ([3]).

Dans la présente Note, nous signalons le rôle favorable que peut jouer un vortex intense, en tête d'une galerie souterraine d'évacuation des crues : en permettant l'absorption des flotteurs de surface, *au fur et à mesure qu'ils se présentent*, ce tourbillon empêche l'accumulation, en ce point, d'éléments agglomérés multiples dont l'aspiration soudaine et simultanée provoquerait ensuite l'obturation de l'orifice amont du souterrain.

Les observations qui nous ont permis d'aboutir à cette conclusion ont été faites sur un modèle réduit, à l'échelle 1/20, du tunnel de dérivation provisoire des eaux du Lot, prévu pour la construction du barrage et de l'usine de la chute de Castelnau. Ce tunnel a une section droite qui ne diffère pas beaucoup d'un cercle de 6^m de diamètre. Nous avons pu, au moyen de modifications peu importantes apportées à la tête amont de l'ouvrage, créer à volonté un vortex de grandes dimensions (l'entonnoir pouvait correspondre, par instant, à près de 2^m de diamètre, à l'échelle de la réalité), ou le supprimer; ceci nous a permis de comparer le fonctionnement de l'ouvrage avec ou sans tourbillon.

Les résultats obtenus, pour un débit réel de $300\,m^3/sec$, au point de vue de l'entraînement des corps flottants, se présentent différemment, selon qu'on se trouve dans l'un ou l'autre des deux cas suivants :

1° Si les corps étudiés sont en partie flottants, en partie immergés à une profondeur notable, ce qui correspond, dans le modèle, à de petites branches d'arbre ramifiées et, dans la réalité, à des arbres déracinés et emportés avec leurs ramures, l'influence du vortex est peu appréciable : que celui-ci existe ou non, le courant déterminé en profondeur par l'appel de la galerie, aspire les obstacles, dans des conditions sensiblement comparables : des branches correspondant à des obstacles, de longueurs comprises entre 8 et 20^m, à l'échelle de la réalité, ont pu être ainsi absorbées.

2° Au contraire, si les corps étudiés ont un tirant d'eau relativement faible, s'ils constituent des flotteurs de surface offrant peu de prise aux courants de profondeur (bouts de bâtons, de planches ou de branches peu ramifiées dans le modèle, troncs d'arbres peu branchus, radeaux, éléments de charpentes démolies, dans la réalité), on aboutit à des conclusions diamétralement opposées suivant que le vortex existe ou non. En l'absence de tourbillon, les flotteurs s'accumulent sans être entraînés. Le vortex possède, au contraire,

---

([2]) *Comptes rendus,* **193**, 1931, p. 213.
([3]) *Ibid.*, **194**, 1932, p. 1048.

une puissance d'absorption très considérable, suivant un mécanisme très net : le flotteur se déplace jusqu'à ce que le centre du tourbillon corresponde à l'une de ses extrémités; la dépression fait alors plonger celle-ci, de telle sorte que le flotteur s'incline jusqu'à la verticale et s'enfonce ensuite, en tournant sur lui-même; l'aspiration du courant de profondeur, jointe à celle du tourbillon, le fait basculer et pénétrer dans la galerie où il se présente donc dans le sens de la longueur, c'est-à-dire dans les conditions d'évacuation optima. Nous avons pu faire absorber ainsi au modèle des flotteurs en bois correspondant, dans la réalité, à des troncs d'arbres, d'un diamètre de l'ordre de $0^m,50$ et d'une longueur de plus de 12^m, ou à des prismes, de même longueur et d'une section droite atteignant $0^m,80 \times 1^m,40$.

On voit donc que, seule, l'existence d'un vortex puissant en tête de la galerie permet d'assurer l'évacuation progressive et continue des corps flottants de toute nature, charriés par les crues, en évitant leur accumulation dangereuse en ce point.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de quelques réactifs oxydants sur la thiocéto-*3 *céto-*5 *benzyl-*6 *triazine-*1.2.4. Note de M. **Eugène Cattelain**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'objet de cette Note est de présenter les résultats obtenus en faisant réagir deux agents d'oxydation, l'iode et le sulfate cuivrique, sur la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4. L'action du brome en milieu alcalin a été décrite dans un précédent Mémoire (1).

1° Action de l'iode. — *a. Action ménagée en milieu neutre.* — Il y a formation de benzyl-6 céto-5 triazine-1.2.4 dithio-3.3′ benzyl-6′ céto-5′ triazine-1′.2′.4′ (que nous appellerons *dérivé dithio*)

$$2\,C^6H^5\text{-}CH^2\text{-}C\Big\langle\begin{matrix}N & NH\\ CO & N\end{matrix}\Big\rangle C\text{-}S\text{-}H \;\xrightarrow[-2IH]{+I^2}\; C^6H^5\text{-}CH^2\text{-}C\Big\langle\begin{matrix}N & NH\\ CO & N\end{matrix}\Big\rangle C\text{-}S\text{-}S\text{-}C\Big\langle\begin{matrix}NH & N\\ N & CO\end{matrix}\Big\rangle C\text{-}CH^2\text{-}C^6H^5$$

C'est un composé blanc jaunâtre, amorphe, fondant à $+173°$ et ne réduisant ni le réactif de Nessler, ni les sels cuivriques, contrairement à la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4, qu'il régénère sous l'action des réducteurs (sulfure d'ammonium, bisulfite de sodium).

L'action de l'amalgame de sodium est plus profonde; il y a à la fois hydrogénation et ouverture du cycle par hydratation, et l'on aboutit, comme pour la

(1) *Ann. Chim. anal.*, 4e série, 24, 1942, p. 150.

thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4, à l'acide α-thiosemicarbazide β-phénylpropionique :

$$C^6H^5\text{-}CH^2\text{-}C\langle\begin{smallmatrix}N & NH\\ CO & N\end{smallmatrix}\rangle C\text{-}S\text{-}S\text{-}C\langle\begin{smallmatrix}NH & N\\ N & CO\end{smallmatrix}\rangle C\text{-}CH^2C^6H^5 \xrightarrow[-H^2O]{+H^2} 2\,C^6H^5\text{-}CH^2\text{-}CH\begin{smallmatrix}\diagup NH\text{-}NH\text{-}CS\text{-}NH^2\\ \diagdown COOH\end{smallmatrix}$$

La benzyl-6 céto-5 triazine-1.2.4 dithio-3.3' benzyl-6' céto-5' triazine-1'.2'.4' est diacide, titrable acidimétriquement en présence de phénolphtaléine, et donne avec le sulfate cuivrique un sel cuivrique vert (I) et avec le chlorure cuivreux un sel cuivreux jaune (II), tous deux insolubles dans l'eau

$$\underset{(I)}{R\text{—}C\langle\begin{smallmatrix}N & N\text{——}Cu^{II}\text{——}N & N\\ CO & N \quad\quad\quad\quad N & CO\end{smallmatrix}\rangle C\text{—}R}\qquad \underset{(II)}{R\text{—}C\langle\begin{smallmatrix}N & N\text{—}Cu^{I} \quad Cu^{I}\text{—}N & N\\ CO & N \quad\quad\quad\quad N & CO\end{smallmatrix}\rangle C\text{—}R}$$

(cycles reliés par —C—S—S—C—)

Fraîchement préparée, elle agit sur l'iodure de potassium en milieu acide en libérant de l'iode, suivant une réaction inverse de celle qui lui a donné naissance. On conçoit qu'un tel composé puisse fonctionner comme oxydo-réducteur par analogie avec ceux qui présentent un enchaînement de soufre analogue : glutathion, acide dithioglycolique etc.

b. Action d'un excès d'iode en milieu alcalin. — L'action oxydante est plus profonde; il y a formation de dioxo-3.5 benzyl-5 triazine-1.2.4

$$C^6H^5\text{-}CH^2\text{-}C\langle\begin{smallmatrix}N & NH\\ CO & NH\end{smallmatrix}\rangle CS \xrightarrow{+O} C^6H^5\text{-}CH^2\text{-}C\langle\begin{smallmatrix}N & NH\\ CO & NH\end{smallmatrix}\rangle CO$$

Dans ces conditions, l'action de l'iode est comparable à celle du brome, mais elle présente l'avantage de s'arrêter au stade dioxo-3.5 benzyl-6 triazine-1.2.4, le brome attaquant cette dernière pour la transformer en α-dibromo β-phénylpropionamide $C^6H^5.CH^2.CBr^2.CONH^2$.

2° ACTION DU SULFATE CUIVRIQUE. — A. Godfrin (²) signala, en 1939, l'action du sulfate cuivrique sur les thiocéto-3 céto-5 alcoyl-6 triazines-1.2.4 et montra que la combinaison résultante était précédée d'une réduction amenant le sel cuivrique à l'état cuivreux. En effet le sel cuivreux, obtenu à partir de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4 et du sulfate cuivrique en quantités équimoléculaires, est identique à celui obtenu à partir de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 dithio-3.3' benzyl-6' céto-5' triazine-1'.2'.4' et du chlorure cuivreux.

(²) *Thèse de Doctorat de l'Université* (Pharmacie), p. 40, Paris, 1939.

Ce fait montre bien que la réduction du sel cuivrique correspond à une oxydation de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4 l'amenant à l'état de dérivé dithio. Le sulfate cuivrique agit donc comme l'iode en milieu neutre.

Lorsqu'on mélange des solutions aqueuses de sulfate cuivrique et du sel de sodium de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4, trois cas peuvent se présenter : 1° *le mélange renferme un excès du composé triazinique*; le précipité est un mélange des dérivés cuivreux de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4 et de son dérivé dithio (II); 2° *le mélange renferme un excès de sulfate cuivrique*; une partie seulement du sel cuivrique est réduite; la totalité du composé triazinique passe à l'état de dérivé dithio et le précipité est constitué par un mélange des dérivés cuivreux (II) et cuivrique (I) de ce composé; 3° *le mélange renferme en quantités équimoléculaires le composé triazinique et le sulfate cuivrique*; le sel cuivrique est intégralement transformé en sel cuivreux (II) du dérivé dithio selon l'équation

$$2\,R{<}^{NH}_{S\,Na} + 2\,SO^4Cu = R{<}^{N\,Cu}_{S} \quad {}^{Cu\,N}_{S}{>}R + SO^4H^2 + SO^4Na^2$$

PHARMACODYNAMIE. — *Synthèse d'un nouveau composé hétérocyclique à activité antihémorragique (vitaminique* K). Note de MM. **Paul Meunier** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les diverses substances douées d'une notable activité vitaminique K (antihémorragique) étudiées jusqu'ci possèdent toutes le groupement

$$-CO-CH-CH^3 \rightleftharpoons -C\!=\!C(OH)-CH^3$$

inclus dans un noyau naphtalénique ou hydronaphtalénique. Si, comme nous le pensons, ce groupement est vraiment responsable de l'activité vitaminique K, il doit être possible de modifier profondément le reste de la molécule en lui conservant plus ou moins son activité physiologique. C'est ainsi que nous nous sommes demandé ce que deviendrait cette activité en substituant au squelette fondamental naphtalénique un noyau hétérocyclique, comme le chromane, la quinoléine, l'isoquinoléine, le thionaphtène etc. Pour répondre à cette question, nous avons entrepris la synthèse d'un certain nombre de corps nouveaux en commençant par le 2.4-dioxy-3-méthylchromane (I), dont la forme tautomère (II) n'est autre qu'un dérivé à propriété antihémorragique bien connu, le phtiocol (III), dans lequel le chaînon carboxyle en 4 est

remplacé par un pont d'oxygène

CO, CH—CH^3, CO, O (I) ⇌ CO, —CH^3, —OH, O (II) ⇌ OH, —CH^3, CO, O (II')

CO, —CH^3, OH, CO (III) • CO, CH^2, CO, O (IV)

Une première tentative de synthèse de (I) par méthylation directe de l'acide benzotétronique (IV) au moyen d'amidure de sodium et d'iodure de méthyle a échoué. [Sans doute à cause de la transformation énolique de (IV).] Nous sommes finalement parvenus au but cherché en cyclisant le propionyl-salicylate de méthyle par action du sodium métallique à chaud, conformément à l'équation générale

CO—O CH^3, CH^2—R, CO, O + Na → OH, —R, CO, O CH^3ONa + H

Cette réaction est la généralisation d'un procédé déjà utilisé par Pauly et Lockemann ([1]) en 1915, et repris par Stahmann, Huebner et Link en 1941 ([2]) pour la préparation du 2.4-dioxychromane ou acide benzotétronique (IV). Mais, tandis que, dans le cas déjà décrit, où R représente H, le rendement de la cyclisation n'est que de 12 %; il atteint 25 % dans notre expérience où R est un méthyle. Nous pouvons affirmer dès maintenant que cette méthode de cyclisation, susceptible de nouvelles applications, est mieux adaptée à la préparation des homologues de l'acide benzotétronique substitués en 3 qu'à celle de cet acide lui-même ([3]).

Le 2.4-dioxy-3 méthyl-chromane a été éprouvé sur le Lapin rendu

---

([1]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 48, 1915, p. 31.

([2]) *Journ. of Biol. Chem.*, 138, 1941, p. 513.

([3]) Le corps (I), appelé aussi 3-méthyl-4 hydroxycoumarine avait déjà été préparé à l'aide d'une méthode entièrement différente par Heilbron et Hill (*J. Chem. Soc.*, 1927, p. 1705).

hémorragique par ingestion de 3.3′-méthylène *bis*-2.4-dioxychromane (V).

C—OH HO—C
CH²
CO OC
O O

(V)

agent responsable de la maladie dite du « mélilot gâté », et reproduit de synthèse par Stahmann, Huebner et Link ([2]). Cette méthode d'essai de corps réputés antihémorragiques est susceptible de généralisation et sera développée ailleurs.

Dans nos essais physiologiques sur six lapins, le nouveau composé est apparu comme doué d'une activité vitaminique K de l'ordre du 1/10 de celle de la 2-méthylnaphtoquinone. Ce qui est déjà très notable.

Dans les faits ainsi constatés, le plus remarquable est, sans doute, l'antagonisme entre notre nouveau composé et l'agent hémorragique (V). C'est là un nouvel exemple de deux corps ayant une parenté chimique très grande et des effets physiologiques opposés, comme l'acide para-aminobenzoïque (vitamine H′) et le para-aminophénylsulfamide. A la suite de notre observation, la substance (V) apparaît ainsi comme une antivitamine K.

Partie expérimentale. — *Propionylsalicylate de méthyle* $C^{11}H^{12}O^{4}$. — Un mélange de 50^g de salicylate de méthyle et de 40^g d'anhydride propionique est chauffé à l'ébullition au reflux pendant 48 heures, puis rectifié sous vide. Après élimination de très peu de têtes, l'ester cherché distille sous forme d'un liquide incolore, incristallisable $E_{14} = 154°$.

2.4-*dioxy-3-méthylchromane* $C^{10}H^{8}O^{3}$. — 100^g de l'ester précédent sont chauffés au bain d'huile à 165°; on introduit petit à petit 12^g de sodium métallique coupé en menus fragments, tout en agitant énergiquement. Au début, la température a tendance à monter et il est nécessaire de refroidir pour la maintenir aux environs de 180°. Après une heure d'agitation, le mélange primitivement liquide est entièrement solide. On le broie dans un mortier, puis le sodium en excès est décomposé par addition d'alcool méthylique et d'eau distillée. Les impuretés goudronneuses sont séparées par filtration et le corps cherché est précipité par addition d'acide chlorhydrique concentré. Recristallisé dans la tétraline et une deuxième fois dans l'alcool absolu, il se présente sous forme de cristaux incolores, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool chaud, absorbant l'ultraviolet avec maxima à 305$^{m\mu}$ ($E\,1\,\% = 400$). F = 229-230° (avec décomposition).

Analyse élémentaire. — C calc. 68,18, trouvé 68,18; H calc. 4,54, trouvé 4,76.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles expériences sur l'action des rayons X sur les Levures.* Note de M. **Jean Reboul**, présentée par M. Aimé Cotton.

De nombreuses expériences ont déjà été effectuées concernant l'action léthale des rayons X sur les Levures; citons parmi les principaux travaux ceux

de Lacassagne et Holweck en France et ceux, plus récents, de Henshaw en Amérique. Mais les résultats paraissent peu concordants et, désireux de vérifier des considérations théoriques publiées ici-même, j'ai repris des expériences analogues. Le matériel biologique utilisé consiste en levures (*Saccharomyces ellipsoïdeus*) fournies par l'Institut Zymotechnique de Montpellier; ces levures diffèrent d'ailleurs morphologiquement de levures du même genre reçues ultérieurement de l'Institut Pasteur de Paris. Les levures sont réensemencées chaque jour dans un milieu liquide spécial (eau de Levure sucrée, peptonée, pH 6,6) particulièrement favorable à leur développement. La technique, ne différant de celle de nos prédécesseurs que par des points de détail, consiste à ensemencer quelques gouttes d'une culture de 24 heures en boîte de Petri sur gélose à l'eau de Levure. Cette boîte est recouverte d'un écran de plomb de 1^{cm} d'épaisseur percé de fenêtres circulaires et placée ensuite normalement au rayon central d'un faisceau de rayons X. Celui-ci est fourni par un générateur Rectabloc de la C. G. R., donnant des rayons de 190 kV; l'intensité du faisceau est de 15 mA et le débit (à la distance 25^{cm} de l'anticathode où l'on opère) est de 175 *r*/min. mesuré au dosimètre de Hammer. Rappelons que Lacassagne et Holweck utilisaient les rayons K du fer, avec un débit bien supérieur; Henshaw utilisait des rayons analogues aux nôtres, le débit étant de 390 *r*/min. La boîte de Petri irradiée est portée à l'étuve à 37° pendant 24 heures, et l'on compare le nombre de colonies se développant sur les plages irradiées et des plages de surface égale non irradiées; on construit des courbes de survivance (ordonnées, pourcentage de Levures survivantes; abscisses, doses utilisées).

Nos courbes ne présentent ni la forme sigmoïde trouvée par Holweck et Lacassagne (ce qui peut s'expliquer par le fait qu'ils ont utilisé des rayons de qualité différente), ni la forme exponentielle signalée par Henshaw, quoique ses expériences soient analogues aux nôtres. Les courbes obtenues présentent une allure sigmoïde très aplatie, avec asymptote horizontale d'ordonnée voisine de 45 %; autrement dit, une irradiation prolongée indéfiniment laisserait 45 % de survivants. Les expériences comportent une assez grande précision; voici, par exemple, les pourcentages de survivance obtenus dans quelques expériences pour des durées d'irradiation de 43 à 63 minutes.

81	88	85	85	84	moyenne	84,6 %	(erreur absolue 4 %)
65	69	65	68	64	»	64,1	(» 5).

Du fait que l'on a un débit faible (175 *r*/min.) et un matériel peu sensible exigeant de longues irradiations, le facteur temps joue un rôle important, probablement parce que les levures commencent à proliférer une ou deux heures après ensemencement. Ce fait est illustré par les expériences suivantes : deux

boîtes identiques sont préparées; pour l'une, l'irradiation est commencée quelques minutes après ensemencement, pour l'autre 3 heures après; pour ces dernières, après des irradiations de 43 et 63 minutes, on obtient 100 % et 79 % de survivants; la comparaison avec les chiffres donnés plus haut montre l'influence notable du temps opposant les deux facteurs antagonistes, action levuricide des rayons X et multiplication des levures.

On peut tenter l'interprétation de ces phénomènes dans une modification de la théorie statistique, tenant compte de l'accroissement dans le temps du nombre N d'éléments de la colonie irradiée. Nos connaissances sur la loi d'accroissement d'une colonie permettent alors de constater que le facteur temps ne peut suffire à interpréter la forme anormale des courbes obtenues. On est ainsi conduit à la vérification expérimentale d'une hypothèse sur laquelle j'ai déjà attiré l'attention, à savoir qu'il faut admettre la variation continue de la sensibilité des levures irradiées au fur et à mesure qu'on les soumet à l'irradiation. Dans la théorie statistique, cela revient à admettre que la probabilité d'atteinte d'un individu est fonction de la dose de rayons X déjà reçue; une théorie complète peut ainsi être édifiée.

En tout cas, les présentes expériences attirent l'attention sur l'importance du facteur débit dans l'irradiation X d'un matériel biologique quelconque; de nouvelles expériences sur les levures entreprises avec un appareil à très fort débit permettront sans doute de préciser ce point.

La séance est levée à 15h35m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1942.

Carl Wilhelm Scheele. *Manuskript* (1756-1777), Tolkning av C. W. OSEEN. Stockholm, utgiven av K. Svenska Vetenskapsakademien, 1942; 1 vol. $26^{cm},5$ (en allemand).

Carl Wilhelm Scheele. *Manuskript* (1756-1777), ordnade av C. W. OSEEN. Ljustryck. Stockholm, utgiven av K. Svenska Vetenskapsakademien, 1942; 1 vol. $24^{cm} \times 29^{cm}$ (en suédois).

Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France. Tome 65. Deuxième série. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 vol. $28^{cm},5$.

Savoir en histoire naturelle. Volume IX. *Ce qu'il faut savoir en dissections. Manuel pratique à l'usage de l'étudiant et du naturaliste,* par P.-H. FISCHER. Paris, Paul Lechevalier, 1942; 1 vol. $18^{cm},5$ (présenté par M. A. Chevalier).

Savoir en histoire naturelle. Volume XII. *Ce qu'il faut savoir pour connaître et exterminer les animaux pillards et destructeurs de l'Économie domestique qui détruisent pour* 110 *milliards de francs chaque année,* par E. SEGUY. Paris, Paul Lechevalier, 1942; 1 vol. $18^{cm},5$ (présenté par M. A. Chevalier).

Energia nei fenomeni elastici ereditarii, par VITO VOLTERRA, in *Pontificia Academia Scientiarum Acta.* Roma, Pontificia Academia Scientiarum, 1940; 1 fasc. 24^{cm}.

Vito Volterra. Discorso commemorativo, pronunciato nella prima tornata ordinaria del sesto anno accademico il 30 *novembre* 1941, par CARLO SOMIGLIANA. Roma, Pontificia Academia Scientiarum, 1940; 1 fasc. 24^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 OCTOBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le bureau de l'Académie deux Ouvrages publiés par le Bureau des Longitudes :

1° *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1943;

2° *Éphémérides nautiques* ou *Extrait de la Connaissance des temps pour l'an* 1942, et *pour l'an* 1943.

M. **Robert Esnault-Pelterie** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre : *Sur un appareil de mesure du frottement en mouvement.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire d'État a la Santé publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de trois de ses Membres, dont l'un sera nommé Membre du *Conseil supérieur d'Hygiène publique de France.*

La liste comprend MM. **Hyacinthe Vincent**, **Charles Achard**, **Gustave Roussy**.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F. Blondel. *La Recherche scientifique des Gisements minéraux.*

2° Albert Raynaud. *Modification expérimentale de la différenciation sexuelle des embryons de Souris par action des hormones androgènes et œstrogènes* (*Étude des états d'intersexualité qui en résultent*).

M. **Léon Binet** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. *A. d'Arsonval.*

AÉRODYNAMIQUE. — *Pour le calcul des effets du fuselage et des fuseaux-moteurs sur la répartition en envergure des efforts aérodynamiques.* Note (1) de M. LUCIEN MALAVARD, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Le calcul des effets du fuselage sur la répartition en envergure des efforts aérodynamiques peut être abordé en admettant que la théorie linéaire de l'aile est applicable dans les sections du fuselage et des fuseaux, *si l'on connaît les caractéristiques en allongement infini de ces sections* [pente $2k$ de la courbe du $c_z^\infty(\alpha)$, incidence de c_z^∞ nul]. La variation en envergure des paramètres est en général rapide, de sorte que le *calculateur d'ailes* est très indiqué pour les déterminations numériques, surtout si, comme dans l'appareil actuel, la réalisation des électrodes permet de les adapter, pour chaque étude, en dimensions et positions.

Après l'exemple donné en 1934 [A, pp. 66-72 (2)], j'ai eu l'occasion de traiter d'autres applications, satisfaisantes quant à la prévision des efforts sur la voilure d'avions complets.

2. Le calcul ainsi compris suppose des essais de soufflerie spéciaux pour obtenir les caractéristiques d'allongement infini des profils du fuselage et des fuseaux, essais analogues à ceux qui concernent les profils de l'aile. Pour les applications courantes, il était désirable d'éviter de tels essais, qui ne sont d'ailleurs significatifs que pour des fuseaux bien profilés. J'y suis parvenu, à propos d'études faites en 1939 et au début de 1940, en tirant parti des essais usuels des maquettes de l'aile et de l'avion. Soit, pour fixer les idées, le cas d'un fuselage. J'utilise simplement les valeurs m_A et m_{AF} obtenues en soufflerie pour le $dc_z/d\alpha$ de l'aile et de l'aile avec fuselage, ainsi que les incidences de portance nulle α_A et α_{AF}. Dans le bassin électrique, le fuselage correspond à une électrode E_F et, pour atteindre la répartition des efforts, on a d'abord à fixer les valeurs moyennes correspondantes $(kt)_F$ (produit du coefficient de pente par la profondeur) et τ_F (calage : angle de l'axe de portance nulle du fuselage avec celui de la section moyenne de l'aile). $(kt)_F$ est déterminé par m_{AF} (on sait que le calage est sans effet sur $dc_z/d\alpha$), puis τ_F par α_{AF}. Je vais montrer qu'une expérience au calculateur d'ailes (après les essais qui concernent l'aile seule) donne très simplement $(kt)_F$ et τ_F, ainsi que les répartitions d'efforts recherchées.

3. Une parenthèse est utile ici pour indiquer l'application de l'appareil à des déterminations *par différences*. Soient en général deux ailes, distinguées par les indices 1 et 2, dont les potentiels des tourbillons libres sont φ_1 et φ_2;

(1) Séance du 14 septembre 1942.

(2) Je renvoie, par les lettres A et B, à mes deux volumes des *Publications du Ministère de l'Air*, fasc. 57 et 153; on s'y reportera pour les notations et les formules utilisées dans la suite.

il est clair [B, p. 22, (12)] que $\Phi = \varphi_2 - \varphi_1$ vérifie, sur l'envergure,

$$(1) \qquad -\frac{1}{2V}\frac{\partial\Phi}{\partial y} + \frac{2}{V k_2 t_2}\Phi = \alpha_2 - \alpha_1 + \frac{2\varphi_1}{V}\left(\frac{1}{k_1 t_1} - \frac{1}{k_2 t_2}\right),$$

et correspond donc à une voilure ayant les paramètres $k_2 t_2$ de l'aile 2, mais une loi d'incidence différente donnée par le second membre de (1) : on aurait Φ au calculateur d'ailes en établissant les mêmes résistances R que pour l'aile 2 et des potentiels $\overline{\Phi}$ qui dépendent de ce second membre. Lorsque l'on connaît avec précision la répartition de portance φ_1 d'une aile et que l'on étudie une aile voisine (en général avec les mêmes α), il y a notable avantage à faire porter sur Φ les déterminations au calculateur d'ailes : grâce à l'arbitraire du choix de l'échelle des Φ, la précision de l'appareil peut garder la même valeur relative et elle n'affecte qu'une fraction de la grandeur à mesurer.

4. Comparons ainsi l'aile seule 1 et l'aile avec le fuselage 2, avec dans les deux cas une incidence unité tout le long de l'envergure (effet général d'incidence). On a $k_2 t_2 = k_1 t_1$, sauf pour E_F où il vaut $(kt)_F$, de sorte que les $\overline{\Phi}$ à établir sont nuls pour toutes les électrodes de l'envergure, sauf pour E_F où l'on prendra $\overline{\Phi} = 100$, maximum de l'échelle potentiométrique. Les résistances R sont connues pour tous les circuits, sauf pour celui de E_F. D'après les formules données ailleurs (B, p. 34 et suiv.) le choix de cette dernière résistance R_F détermine $(kt)_F$, ainsi que la relation entre l'échelle des Φ et celle des φ_1; l'aire de la courbe des Φ obtenus aux électrodes de l'appareil doit donner, à un facteur connu près, $m_{AF} - m_A$: quelques essais fixent donc les valeurs correctes de R_F et $(kt)_F$ correspondant au $Dm = m_{AF} - m_A$ obtenu en soufflerie.

5. Reste à obtenir τ_F. Or, compte tenu du gauchissement aérodynamique de l'aile, on a obtenu, au calculateur d'ailes, en prenant par exemple l'incidence nulle au centre, une répartion φ'_1 (effet de gauchissement). Cette répartition est modifiée par le fuselage qui y ajoute, pour le calage nul, des $\Delta\varphi'_1$, et, pour un calage τ_F des $\tau_F\,\delta\varphi'_1$. Si l'on reprend, pour la détermination des $\Delta\varphi'_1$ et des $\delta\varphi'_1$, le procédé par différence, on constate que l'on est ramené au réglage qui a fourni les Φ : les $\Delta\varphi'_1$ et les $\delta\varphi'_1$ leur sont proportionnels et, ramenant toutes les grandeurs à l'échelle des φ_1, on a

$$u = \frac{\Delta\varphi'_1}{\Phi} = \left(\frac{\varphi'_1}{\varphi_1}\right)_c, \qquad v = \frac{\delta\varphi'_1}{\Phi} = \left(\frac{\overline{\varphi}_1}{\varphi_1}\right)_c \frac{\left(\dfrac{1}{k_1 t_1}\right)_c}{\left(\dfrac{1}{k_1 t_1}\right)_c - \left(\dfrac{1}{kt}\right)},$$

l'indice c indiquant des valeurs à prendre à la section centrale de l'aile. Pour une incidence α de l'ensemble, la répartition de portance est définie par

$$\varphi'_1 + \Delta\varphi'_1 + \tau_F\,\delta\varphi'_1 + \alpha\varphi_2,$$

et la portance globale, proportionnelle à l'aire correspondante, vaut donc

$$-m_A\alpha_A + Dm(u + \tau_F v) + m_{AF}\alpha;$$

en l'annulant pour $\alpha = \alpha_{AF}$, on détermine τ_F ; les caractéristiques du fuselage sont ainsi connues, d'où les répartitions d'efforts correspondantes.

6. Le mode de calcul simplifié qui vient d'être donné doit être appliqué séparément au fuselage et à chaque paire de fuseaux-moteurs, en se basant, dans chaque cas, sur un essai de maquette. S'il y a plusieurs paires de fuseaux et si l'on peut admettre qu'ils ont le même $(kt)_F$, on aura ce $(kt)_F$ au calculateur d'ailes en procédant comme au n° 4, mais il faudra d'autres essais analogues, très évidents, pour obtenir le $\Delta\varphi'_1$ de l'ensemble des fuseaux et les $\delta\varphi'_1$ de chaque paire.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Méthode d'intégration par arcs successifs des équations de relaxation.* Note [1] de MM. **Hippolyte** et **Maurice Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

L'équation de relaxation

$$v\frac{dv}{ds} + vf(s) + s = 0 \tag{1}$$

peut être résolue approximativement en découpant le domaine de variation de s où se produisent les oscillations, en un certain nombre de sections s_1 à s_2, s_2 à s_3, s_3 à s_4, ... ; dans chacune de ces sections la fonction $f(s)$ sera supposée constante, la valeur de cette constante étant prise égale à la valeur moyenne de $f(s)$ dans l'intervalle considéré. La solution de l'équation (1), non intégrable, sera ainsi ramenée à la solution d'un certain nombre d'équations différentielles intégrables

$$v\frac{dv}{ds} + \varepsilon_p v + s = 0, \tag{2}$$

ε_p valeur moyenne de $f(s)$ dans le domaine $s_p s_{p+1}$.

L'équation (2) admet des solutions de la forme

$$(v + as)^\lambda (v + bs)^\mu = k,$$

satisfaisant aux relations

$$\lambda + \mu = 1, \qquad ab(\lambda + \mu) = 1,$$
$$\mu a + b\lambda = 0, \qquad \lambda a + \mu b = \varepsilon.$$

l'intégrale de (2) est donc [2]

$$\left[v + s\left(\frac{\varepsilon}{2} - \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{4} - 1}\right)\right]^{\lambda - \frac{\varepsilon}{\sqrt{\varepsilon^2 - 4}}} \left[v + s\left(\frac{\varepsilon}{2} + \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{4} - 1}\right)\right]^{\lambda + \frac{\varepsilon}{\sqrt{\varepsilon^2 - 4}}} = K'. \tag{3}$$

---

(1) Séance du 31 août 1942.

(2) Si $\varepsilon = \pm 2$ la solution est

$$L\frac{v - s}{v_0 - s_0} = \frac{s}{v - s} - \frac{s_0}{v_0 - s_0}.$$

Si $\varepsilon^2 > 4$, l'expression écrite a tous ses termes réels et elle peut être directement calculée par logarithmes.

Si $\varepsilon^2 < 4$, les termes entre parenthèses et les exposants sont imaginaires et il faut mettre l'expression précédente sous une forme calculable, en séparant les parties réelles des parties imaginaires; on trouve ainsi

$$[v^2 + s^2 + \varepsilon v s]\left[-\frac{(2v+\varepsilon s)^2 - s^2(4-\varepsilon^2)}{(2v+\varepsilon s)^2 + s^2(4-\varepsilon^2)} - i\frac{2s\sqrt{4-\varepsilon^2}(2v+\varepsilon s)}{s^2(4-\varepsilon^2)+(2v+\varepsilon s)^2}\right]^{i\frac{\varepsilon}{\sqrt{4-\varepsilon^2}}} = \mathrm{K}''.$$

Posant

$$\operatorname{tang}\omega = \frac{2s\sqrt{4-\varepsilon^2}(2v+\varepsilon s)}{(2v+\varepsilon s)^2 - s^2(4-\varepsilon^2)}$$

et passant aux coordonnées polaires $v = \rho \sin\theta$, $s = \rho\cos\theta$, nous obtenons

$$(4) \qquad \rho^2\left(1 + \frac{\varepsilon}{2}\sin 2\theta\right)e^{\frac{\varepsilon}{\sqrt{4-\varepsilon^2}}\omega} = \mathrm{K}'',$$

ou

$$(5) \qquad s^2(1 + \varepsilon \operatorname{tang}\theta + \operatorname{tang}^2\theta)e^{\frac{\varepsilon\omega}{\sqrt{4-\varepsilon^2}}} = \mathrm{K}'', \qquad \text{avec } -\frac{\omega}{2} = \operatorname{arc\,tang}\frac{\operatorname{tang}\theta + \frac{\varepsilon}{2}}{\sqrt{1-\frac{\varepsilon^2}{4}}}.$$

L'équation (4) représente une spirale et il apparaît que, pour ε positif (freinage), le terme exponentiel croît à chaque tour (ou cycle) et tend vers l'infini; ceci entraîne la décroissance progressive de la vitesse, qui se rapproche de plus en plus de zéro. Inversement pour ε négatif (traction), la vitesse augmente à chaque cycle et croît au delà de toute limite.

Pour obtenir une valeur approchée de la solution de l'équation (1) par arcs successifs, il suffit de construire une fois pour toutes des tables de la fonction U,

$$\mathrm{U} = \frac{2\varepsilon \log e}{\sqrt{4-\varepsilon^2}}\operatorname{arc\,tang}\frac{\operatorname{tang}\theta + \frac{\varepsilon}{2}}{\sqrt{1-\frac{\varepsilon^2}{4}}} - \log[1 + \varepsilon\operatorname{tang}\theta + \operatorname{tang}^2\theta],$$

tables donnant la valeur de U en fonction de $\operatorname{tang}\theta$ et de ε.

En nous reportant à l'équation (5), nous pourrons écrire

$$s^2(1 + \varepsilon\operatorname{tang}\theta + \operatorname{tang}^2\theta)\,e^{\frac{\varepsilon\omega}{\sqrt{4-\varepsilon^2}}} = s_0^2\,(1 + \varepsilon\operatorname{tang}\theta_0 + \operatorname{tang}^2\theta_0)\,e^{\frac{\varepsilon\omega}{\sqrt{4-\varepsilon^2}}}$$

d'où

$$(6) \qquad \mathrm{U} - \mathrm{U}_0 = 2\log s - 2\log s_0.$$

Partant du point s_p à la vitesse V_p, le mobile atteindra la vitesse V_{p+1} quand il aura parcouru l'espace s_p à s_{p+1}. Cherchant dans la table de la fonction U la valeur U_p correspondant à ε_p et à $\operatorname{tang}\theta_p = \frac{\mathrm{U}_p}{s_p}$, nous trouverons la

valeur U_{p+1} en utilisant la relation (6) qui s'écrit alors

$$U_{p+1} = U_p + 2 \log s_{p+1} - 2 \log s_p,$$

avec

$$\operatorname{tang} \theta_{p+1} = \frac{V_{p+1}}{s_{p+1}}.$$

Ayant ainsi préparé un *outillage* de calcul, nous pourrons résoudre, par arcs successifs, n'importe quelle équation de relaxation, le degré d'approximation obtenu étant d'autant plus grand que le nombre des intervalles Δs utilisés sera lui-même plus grand.

Cette méthode de calcul numérique nous permettra de construire une solution qui se présentera, elle aussi, sous la forme d'une spirale, car il n'y a aucune raison pour qu'en choisissant au hasard, pour le démarrage du calcul, une vitesse initiale W_p au point s_0, nous trouvions au bout du cycle une vitesse W_{p+1} égale à W_p.

Le cycle limite que nous cherchons ne peut être trouvé que par approximations successives méthodiques; la méthode utilisée sera indiquée dans une publication ultérieure.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Sur le carré moyen de la distance parcourue par des neutrons lents dans un milieu ralentisseur.* Note (1) de M. **Robert Potier**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans la présente Note, nous nous proposons de résoudre le problème suivant : des neutrons sont émis en un point d'une substance contenant principalement de l'hydrogène, avec une énergie E_0; ils sont ensuite freinés par les protons de la substance considérée, et, lorsque leur énergie passe par la valeur E, ils sont absorbés. Quel est le carré moyen de la distance qu'ils ont parcourue?

Fermi et Bethe ont déjà donné une solution approximative de ce problème, supposant que le nombre de chocs permettant de tomber de E_0 à E était toujours grand, et que le libre parcours moyen l des neutrons était indépendant de l'énergie.

Dans cette Note nous ne faisons pas ces hypothèses. Le libre parcours moyen est supposé être une fonction de l'énergie, soit $l(x)$.

Le choc des neutrons contre les protons est considéré comme un choc élastique au sens de la mécanique classique. Si θ est l'angle que fait la vitesse du neutron après le choc avec sa vitesse avant le choc, si x est l'énergie avant le choc et x' l'énergie après le choc, on a $x' = x \cos^2\theta$; et la probabilité pour que l'angle θ ait une valeur comprise entre θ_0 et $\theta_0 + d\theta$ est

$$p(\theta_0)\, d\theta = 2 \sin\theta_0 \cos\theta_0\, d\theta.$$

---

(1) Séance du 13 avril 1942.

Tout ceci suppose que les protons du milieu ralentisseur puissent être considérés comme immobiles devant les neutrons lents, ce qui est bien le cas dans la pratique.

Ces hypothèses étant faites, notre calcul conduit à la formule

$$(1)\qquad \overline{r^2} = 2\,l^2(\mathrm{E}_0) + 2\int_{\mathrm{E}}^{\mathrm{E}_0} l^2(x)\,\frac{dx}{x} + 2\int_{\mathrm{E}}^{\mathrm{E}_0} \frac{l(\mathrm{E}_0)\,l(x)}{\mathrm{E}_0^{\frac{1}{2}}}\,\frac{dx}{x^{\frac{1}{2}}} + 2\iint_{\mathcal{D}} l(x)\,l(y)\,\frac{dx}{x^{\frac{3}{2}}}\,\frac{dy}{y^{\frac{1}{2}}};$$

le domaine $\mathcal{D}$ étant le triangle défini par

$$(2)\qquad \begin{cases} \mathrm{E} < x < \mathrm{E}_0, \\ \mathrm{E} < y < x. \end{cases}$$

Des formules (1) et (2) on peut déduire, dans le cas où le libre parcours moyen $l(x)$ se réduit à une constante l,

$$(3)\qquad \overline{r^2} = l^2 \left\{ 6\,\mathrm{L}\,\frac{\mathrm{E}_0}{\mathrm{E}} + 4\sqrt{\frac{\mathrm{E}}{\mathrm{E}_0}} - 2 \right\}.$$

La formule obtenue par Fermi et Bethe était

$$(4)\qquad \overline{r^2} = 6\,l^2\,\mathrm{L}\,\frac{\mathrm{E}_0}{\mathrm{E}}.$$

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Essais de fluage par compression sur des alliages à bas points de fusion.* Note de MM. **Jean de Lacombe** et **Marc Dannenmuller**, présentée par M. Léon Guillet.

Le fluage, caractérisé par la déformation en fonction du temps à charge et température constantes, a fait l'objet de nombreuses études, spécialement dans le cas de la traction, à diverses températures et sur des métaux variés.

Nous avons exécuté des essais de fluage par compression pour l'étude d'alliages antifrictions. Les qualités d'emploi de ces alliages sont en effet liées à leurs possibilités d'écoulement dans le cas de ce type de sollicitation. Les températures d'essais étaient voisines de l'ambiante, et les charges choisies de manière à conduire à des écrasements de 1 à 2 % pour des durées de quelques dizaines à quelques centaines d'heures.

Les courbes ont un aspect analogue à celui des courbes classiques obtenues à la traction (*fig.* 1), le point d'inflexion s'étant toutefois toujours trouvé ici très largement étalé.

Cette analogie peut être examinée plus en détail en utilisant une méthode d'analyse algébrique des courbes étudiée antérieurement à propos des aciers [1]. La représentation comporte un terme constant, un terme parabo-

---

[1] J. de Lacombe, *Rev. Métallurgie*, **36**, 1934, p. 178 ; **39**, 1942, p. 105.

lique ralenti et un terme parabolique accéléré

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + at^m + bt^n \quad \text{avec} \quad m < 1 \quad \text{et} \quad n > 1.$$

Toutes les courbes de compression que nous avons obtenues ont pu être repré-

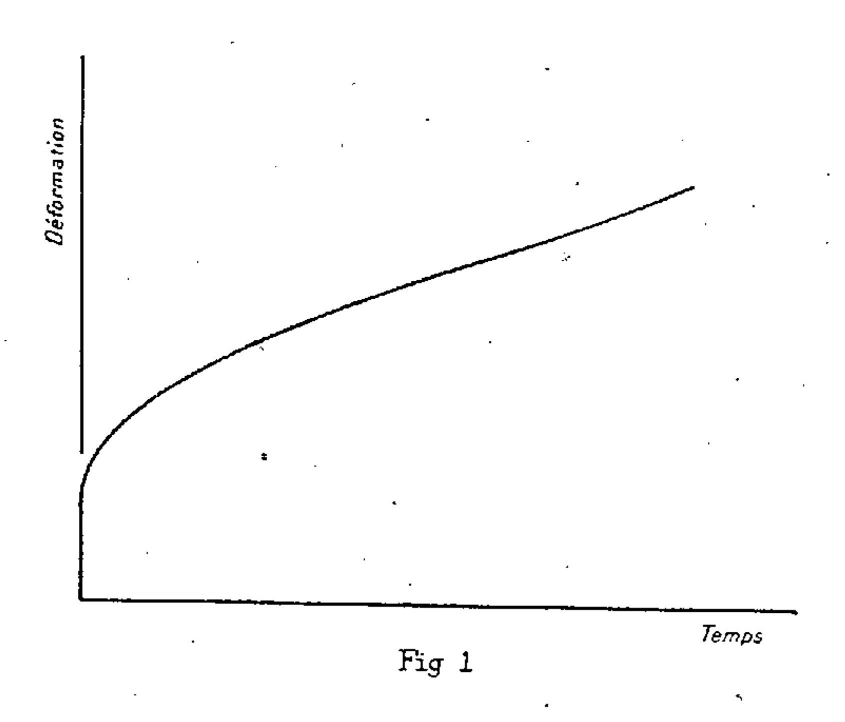


Fig 1

sentées par cette formule avec une approximation comparable à la précision des expériences. On peut citer les exemples suivants :

Alliage étudié.						Température d'essai (°C.).	Exposants	
Pb.	Zn.	Sn.	Sb.	Cd.	Cu.		*m*.	*n*.
75	–	10	14	–	1	40	0,5–0,6	
5	91	–	–	–	4	40	0,5–0,6	
–	–	94	4	2	–	40	0,5–0,6	1,2–1,4

Pour les deux premiers de ces alliages, il est arrivé, comme dans le cas de la traction, qu'à l'origine la courbe expérimentale soit, pendant une courte période, en-dessous de la courbe calculée. Dans ce cas le terme initial ε_0 est supérieur, ici encore, à la déformation élastique réversible, et le terme complémentaire, qui atteint son amplitude limite en 15 à 30 minutes environ, est une fonction croissante de la charge. Pour le troisième alliage, au contraire, le terme initial ε_0 était égal à la déformation élastique.

Il ressort de ces observations que les courbes de fluage à la compression et à la traction ont une représentation commune, qui ne fait pas intervenir les circonstances propres à l'un ou l'autre de ces modes d'essai.

On trouve également ici la confirmation du fait que la forme parabolique des courbes de fluage n'est pas une propriété spécifique des aciers à chaud, mais qu'elle s'applique également à des alliages dont la structure cristalline et la constitution micrographique sont entièrement différentes.

RELATIVITÉ. — *Ondes ellipsoïdales autour d'une source en mouvement uniforme.* Note [1] de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons montré [2] comment le principe de relativité (entendu au *sens faible*, qui exclut la contraction lorentzo-einsteinienne) implique la propagation ellipsoïdale des actions électromagnétiques (ou gravifiques) autour d'une source de vitesse constante.

Nous corroborons et précisons ici ce résultat en considérant d'un autre point de vue, indépendant du principe de relativité, la recherche de la forme de l'indicatrice des ondes.

Comme dans la théorie de Minkowski, nous admettons que l'état d'un champ est caractérisé par un *potentiel-tenseur* à quatre dimensions dont chaque composante Υ_γ satisfait à l'équation de Laplace-Poisson. Par une induction nouvelle, nous étendons cette loi aux champs créés par des sources en mouvement rectiligne et uniforme. Il nous paraît en effet naturel de supposer que, dans le régime permanent des propagations, supposé établi depuis un temps infini, autour d'une telle source, les valeurs de Υ_γ s'établissent [3] dans tout l'espace extérieur et à tout instant, comme celles d'une fonction harmonique jouissant de la propriété (que nous considérerons comme caractéristique d'un état physique stationnaire) d'être égale, en chaque point, à la moyenne des valeurs qu'elle prend sur une sphère centrée sur ce point [4].

Nous poserons donc, en coordonnées cartésiennes (x^α, $\alpha = 1, 2, 3$),

$$(1)\qquad \sum_\alpha \frac{\partial^2 \Upsilon_\gamma}{\partial x^\alpha\, \partial x^\alpha} = \begin{cases} -4\pi k \eta_\gamma(v)\rho, & \text{à l'intérieur et} \\ 0 & \text{à l'extérieur de la source,} \end{cases}$$

où $\eta_\gamma(v)$ est un coefficient d'aberration ne dépendant que de la vitesse de la source et ρ, la densité de celle-ci.

Ox étant porté par $\vec{v}$ ($x = x^1$, $y = x^2$, $z = x^3$, $T = x^4 = ict$), nous remarquons, comme conséquence de la seule hypothèse sur la constance de $\vec{v}$, que Υ_γ doit satisfaire l'équation

$$(2)\qquad \frac{\partial \Upsilon_\gamma}{\partial T} - i\varkappa \frac{\partial \Upsilon_\gamma}{\partial x} = 0,$$

$\varkappa$ étant mis pour vc^{-1}.

---

[1] Séance du 31 août 1942.

[2] *P.-V. Ac. d. Sc., B.-L. et A. de Clermont,* 59, 2 mars et 4 mai 1939, p. 67.

[3] En tout point et à tout instant t, l'action excitatrice qui émane d'une position occupée, à instant antérieur t_e, par la source, donne au potentiel la valeur qu'il doit prendre pour s'identifier à la fonction harmonique définie (d'après le principe de Dirichlet) par ses valeurs à la surface de la source à l'instant actuel t.

[4] Cf. Goursat, *Cours d'Analyse mathématique*, t. II, p. 253.

Si l'on suppose alors que la source est ponctuelle (ou de révolution), et si l'on pose $r^2 = x^2 + y^2$, on trouve que (1) peut s'écrire sous la forme

$$(3) \qquad g^{11}\frac{\partial^2 \Upsilon_\gamma}{\partial x\,\partial x} + \frac{\partial^2 \Upsilon_\gamma}{\partial r\,\partial r} + g^{44}\frac{\partial^2 \Upsilon_\gamma}{\partial T\,\partial T} + \frac{1}{r}\frac{\partial \Upsilon_\gamma}{\partial r} = \begin{cases} -4\pi k \eta_\gamma \rho, \\ 0 \end{cases}$$

où g^{11} et g^{44} sont *a priori* des fonctions de x, r, T et v, liées par la relation nécessaire

$$(4) \qquad g^{11} = 1 + \varkappa^2 g^{44}.$$

Nous allons montrer que ces fonctions ne dépendent, en fait, que de v.

Considérons un front d'onde extérieur se développant en fonction du temps suivant l'équation $\mathcal{F}(x, r, T) = 0$. C'est, par définition, une surface de raccord des solutions de l'équation (3) et, d'après la théorie des équations aux dérivées partielles du second ordre (5), $\mathcal{F}$ doit vérifier l'équation aux dérivées partielles du premier ordre, dite des *caractéristiques*,

$$(5) \qquad F \equiv g^{11}\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial r}\right)^2 + g^{44}\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial T}\right)^2 = 0 \quad (6).$$

Écrivons les équations des lignes caractéristiques de (5) [bicaractéristiques de (3)] :

$$(6) \qquad \frac{dx}{\dfrac{\partial F}{\partial \mathcal{F}'_x}} = \frac{dr}{\dfrac{\partial F}{\partial \mathcal{F}'_r}} = \frac{dT}{\dfrac{\partial F}{\partial \mathcal{F}'_T}} = \frac{-d\mathcal{F}'_x}{\dfrac{\partial F}{\partial x}} = \frac{-d\mathcal{F}'_r}{\dfrac{\partial F}{\partial r}} = \frac{-d\mathcal{F}'_T}{\dfrac{\partial F}{\partial T}},$$

qui, comme l'on sait, donnent le mouvement d'un rayon lumineux. Et considérons l'équation d'un front d'onde sous les trois formes successives

$$(7) \qquad \mathcal{F} \equiv \varphi(r, T) - x = 0, \qquad \mathcal{F} \equiv \psi(x, T) - r = 0, \qquad \mathcal{F} \equiv \chi(x, r) - T = 0.$$

Des conditions d'égalité du premier et du quatrième rapport, du second et du cinquième, du troisième et du sixième, on déduit respectivement les relations

$$(8) \qquad \frac{\partial g^{44}}{\partial x} = 0, \qquad \frac{\partial g^{44}}{\partial r} = 0, \qquad \frac{\partial g^{44}}{\partial T} = 0.$$

Les coefficients g^{11} et g^{44} ne peuvent donc dépendre que de v. *Le mouvement de la lumière est alors rectiligne et uniforme ; et la relation* $g^{11} = 1 + \varkappa^2 g^{44}$ *permet de représenter le développement de chaque front d'onde par un cône d'espace-temps dont la section par un plan* T = const. *fournit, à chaque instant, comme méridienne du front d'onde, une ellipse centrée sur le point d'émission et focalisée sur la position actuelle de la source.*

(5) Cf. HADAMARD, *Cours d'Analyse*, t. II, p. 522.

(6) Cette équation peut également être tirée de l'équation (3) et des *conditions de compatibilité géométrique* (cf. P. APPELL, *Mécanique rationnelle*, t. III, p. 316) des propagations de discontinuités du second ordre, étendues à des ondes de forme quelconque.

Ainsi se trouve confirmé, par une voie purement théorique, le type d'onde II que nous avions déduit du principe de relativité et des exigences de l'expérience ([7]). En même temps, nous obtenons une explication de ce principe.

PHOTOCHIMIE. — *Étude spectrale d'une réaction luminescente.* Note ([1]) de MM. **Paul Groh** et **Albert Kirrmann**.

Parmi les réactions capables de produire une luminescence chimique, très peu ont été étudiées au spectrographe. En chimie minérale, on ne peut guère citer que l'oxydation du phosphore. L'une des plus simples de ces réactions est celle de l'eau oxygénée sur les hypochlorites. Elle est connue depuis assez longtemps ([2]), mais il ne semble pas qu'elle ait été soumise à une étude approfondie.

L'un de nous en a décrit une variante, par action directe du chlore sur un mélange d'eau oxygénée et d'alcali caustique ([3]),

$$2\,HOK + Cl^2 + O^2H^2 \longrightarrow 2\,ClK + O^2 + 2\,OH^2$$

et a réalisé un dispositif capable d'effectuer d'une façon continue cette réaction, qui produit une belle lumière rouge, assez intense.

Un mélange fraîchement préparé d'eau oxygénée à 100 volumes et de 3 fois son volume de potasse à 280^g par litre s'écoule de bas en haut dans un tube de pyrex de 9^{mm} de diamètre. Dans le bas est fixé, par une soudure interne, un tube effilé, par lequel on insuffle du chlore provenant d'une bombe. Il se produit, au contact du gaz et du liquide, une réaction avec vive effervescence, accompagnée d'une belle lumière rouge qui illumine le tube sur une longueur variable, allant jusqu'à 10^{cm}. Cette lumière est projetée sur la fente d'un spectrographe Huet pour effet Raman. Une pose d'une heure, avec une fente de $0^{mm},08$, a permis d'obtenir sur plaque Agfa Iss un spectre à deux bandes, repéré par l'arc au fer.

Une première bande dans le rouge est assez large et va de 610 à $650^{m\mu}$ environ. Son maximum applati se trouve vers $632^{m\mu}$. La deuxième bande, beaucoup plus faible, est moins large et possède son maximum vers $578^{m\mu}$. L'allure des bandes paraît symétrique. Elles n'ont pas été résolues en raies. L'étude spectrophotométrique des clichés a été empêchée par les circonstances.

Différents échantillons d'eau oxygénée ont montré que l'effet observé n'est pas lié à une impureté fortuite. Il est également indépendant de la nature de l'alcali (soude ou potasse). Nous avons attaché une importance particulière à

([7]) Cf. P. Dive, *L'Électro-Optique dans le Temps universel* (*Bull. Astron.*, t. XII, fasc. I).

([1]) Séance du 4 mai 1942.

([2]) L. Mallet, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 352.

([3]) P. Groh, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 12.

examiner l'influence de la nature de l'halogène. L'expérience avec le brome, signalée pour la première fois par l'un de nous [3], a pu être réalisée par une variante du dispositif expérimental : le brome a été chauffé à 45° et ses vapeurs ont été entraînées par un courant d'air vers le tube à réaction.

La lueur produite, également rouge, a une intensité bien moindre. Il a fallu 8 heures de pose, avec une fente de $0^{mm},5$, pour obtenir un spectre à deux bandes. Il est identique à celui qu'a fourni le chlore.

L'identité des spectres obtenus permet de conclure que la phase de la réaction responsable de l'émission lumineuse ne fait pas intervenir l'halogène. L'hypothèse la plus simple consiste à envisager la formation, aux dépens de l'ion hypochlorite ou hypobromite et de l'eau oxygénée, d'une molécule d'oxygène activée, dont la désactivation entraîne une émission.

Le bilan énergétique permet une nouvelle conclusion. Le quantum lumineux correspondant aux deux bandes est de $44^{cal},8$ et de $49^{cal},1$. La réaction du chlore dégage 57^{cal}. Il semblerait donc que l'émission d'un photon par molécule soit possible. Mais l'effet thermique dans le cas du brome n'est que de $32^{cal},3$. Il est donc nécessaire, au moins dans le cas du brome, d'admettre que l'émission résulte d'une accumulation de l'énergie de deux molécules réagissantes, par exemple par choc de deux molécules activées d'oxygène, ce qui suppose une durée de vie relativement grande. En fait, la faible intensité observée indique bien un rendement lumineux très petit, mais sa valeur n'a pas été déterminée.

Il est intéressant de remarquer que les bandes observées sont très voisines de deux fréquences rencontrées dans l'absorption par l'atmosphère et attribuées à l'oxygène [bandes α et α' du spectre de Janssen, étudié par Dufay [4]].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un comportement complexe du permanganate de potassium envers une fonction éthylénique, conduisant à un nouveau mode de formation de l'aldéhyde p-cuménacétique.* Note [1] de M. **Léonce Bert**.

En élaborant une nouvelle méthode générale de préparation synthétique des aldéhydes arylés Ar.CHO, par rupture oxydative de la chaîne latérale non saturée des éthers oxydes mixtes d'alcoyle et d'alcoylcinnamyle

$$Ar.CH{:}CH.CH^2.O.R,$$

nous avons étudié le comportement de ces derniers à l'égard du permanganate de potassium.

Pour obtenir un aldéhyde par coupure à l'endroit d'une fonction éthylé-

---

[4] J. Dufay et J. Plassard, *Soc. Franç. de Phys.*, Séance du 14 décembre 1940, à Lyon.

[1] Séance du 24 août 1942.

nique, on a coutume d'opérer à 0°, en n'ajoutant que peu à peu, au produit à oxyder, une solution aqueuse de MnO^4K très diluée.

En variant les conditions d'emploi du MnO^4K, nous avons obtenu, dans le cas des éthers oxydes mixtes d'alcoyle et de *p*-isopropylcinnamyle $(CH^3)^2CH.C^6H^4.CH:CH.CH^2.O.R$, au lieu de l'aldéhyde *p*-cuminique attendu (1) $CHO.C^6H^4.CH(CH^3)^2$ (4), l'aldéhyde *p*-homocuminique ou *p*-cuménacétique (1) $CHO.CH^2.C^6H^4CH(CH^3)^2$ (4).

Pour cela, l'éther mixte (1/50ᵉ de mol) est agité à la secoueuse, à la température ordinaire, avec la quantité de MnO^4K en solution aqueuse saturée calculée pour le scinder en aldéhyde *p*-cuminique et alcoxyéthanal $RO.CH^2.CHO$. Au bout de 30 minutes, l'oxydation est pratiquement terminée. On entraîne par la vapeur d'eau l'aldéhyde formé, on le purifie par l'intermédiaire de sa combinaison bisulfitique et on l'identifie avec l'aldéhyde *p*-cuménacétique (caractères organoleptiques et physiques, semicarbazone). Le résidu d'entraînement à la vapeur, épuisé à l'éther, lui cède de l'alcoxy-*p*-cumèneglycérol-1.3

$$(CH^3)^2CH.C^6H^4.CHOH.CHOH.CH^2.O.R.$$

Nous interprétons de la manière suivante la réaction complexe observée : MnO^4K concentré donne, dans une première phase, de l'aldéhyde *p*-cuminique et de l'alcoxyéthanal olfactivement perceptibles :

$$(CH^3)^2CH.C^6H^4.CH:CH.CH^2.O.R + O^2 = (CH^3)^2CH.C^6H^4.CHO + RO.CH^2CHO.$$

Mais KOH libéré simultanément ($2MnO^4K + H^2O = 2MnO^2 + 2KOH + 3O$) produit, dans une seconde phase, une aldolisation. Le CHO de l'aldéhyde *p*-cuminique s'unit au corps acyclique par l'atome de carbone voisin du CHO gras. L'aldéhyde complexe engendré subit alors la série de transformations :

$$\begin{aligned}(CH^3)^2CH.C^6H^4.CH:\underset{OR}{C}.CHO &\xrightarrow{+O} (CH^3)^2CH.C^6H^4.CH:\underset{OR}{C}.COOH\\ \xrightarrow{-CO^2} (CH^3)^2CH.C^6H^4.CH:CH.OR &\xrightarrow{+H^2O} (CH^3)^2CH.C^6H^4.CH:CHOH + ROH\\ \longrightarrow (CH^3)^2CH.C^6H^4.CH^2.CHO.&\end{aligned}$$

MnO^4K, dont la concentration tombe de 6 % à moins de 2 %, fournit dès lors, selon Wagner, avec l'éther mixte non encore oxydé, le glycol

$$(CH^3)^2CH.C^6H^4.CHOH.CHOH.CH^2.O.R.$$

Nous avons choisi pour R les radicaux : méthyle, éthyle, *n*-propyle, isopropyle, *n*-butyle, isobutyle et isoamyle. Nous avons constaté la mise en liberté d'alcool ROH dans le cas de l'éther isoamylique. Avec l'éther butylique, nous avons eu une petite quantité d'acide butyrique, provenant sans doute de l'oxydation immédiate de l'alcool butylique naissant.

L'ensemble des réactions ci-dessus aboutit, en somme, à un nouveau mode de formation de l'aldéhyde *p*-cuménacétique. Nous cherchons à voir s'il est général; en d'autres termes, si la série de l'aldéhyde phénylacétique peut s'édifier de la sorte à partir du dichloropropène (c'est-à-dire du propène ou du glycérol) et des carbures benzéniques.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *La diffusion des rayons X par effet Compton est moindre pour un atome engagé dans un cristal que pour le même atome libre.* Note de M. **Jean Laval**, présentée par M. Charles Mauguin.

Soit i l'intensité du rayonnement diffusé par un grain de matière qui contient n électrons extranucléaires. Soit ε l'intensité que prendrait, au même point, le rayonnement diffusé suivant la loi de J. J. Thomson par un électron libre, situé à la même place dans le même faisceau incident. Le pouvoir diffusant du grain est $p = i/n\varepsilon$.

Grâce à la mécanique ondulatoire, Wentzel [1] a évalué le pouvoir diffusant, par effet Compton, pour un *atome libre*, comme un atome de gaz rare. Il trouve

$$p = \left(1 - \sum_{i=1}^{z} \frac{f_i^2}{z}\right)\left(\frac{\nu'}{\nu}\right)^3;$$

f_i est un facteur de structure électronique, ν la fréquence des rayons X incidents, ν' la fréquence moyenne des radiations diffusées, et z le nombre atomique. Wentzel ne fait intervenir ni la relativité, ni le magnétisme de l'électron. Waller et Hartree [2], Klein et Nishina [3] en tiennent compte. Mais ils n'apportent à la formule de Wentzel qu'une correction inférieure, généralement, à l'erreur qui affecte les facteurs de structure électroniques. La formule de Wentzel s'accorde avec toutes les photométries des rayons X diffusés par les gaz rares. C'est par elle que je définis, dans cette Note, le pouvoir diffusant, par effet Compton, dans les atomes libres.

Par contre, d'après nos expériences, la formule de Wentzel ne paraît pas s'appliquer à un atome engagé dans un cristal. D'ordinaire la diffusion des rayons X par les cristaux ne provient qu'en faible partie de l'effet Compton. Elle est surtout due à l'agitation thermique. Mais s'il est convenablement orienté, le cristal produit une diffusion faible [4] qui ne varie en gros qu'avec $\sin\varphi/\lambda$ (2φ, angle de diffusion; λ, longueur d'onde de la radiation incidente). C'est à l'effet Compton que revient, en général, la part principale de la diffusion faible. L'autre part revient aux vibrations élastiques dont les fréquences sont les plus élevées. On peut estimer cette dernière par divers procédés; en la retranchant de la diffusion globale on atteint le pouvoir diffusant, par effet Compton, dans le cristal. J'ai mesuré les pouvoirs diffusants faibles du diamant, de l'aluminium et de la sylvine.

Dans le diamant les vibrations de haute fréquence (environ 4.10^{13})

(1) *Zeits. f. Phys.*, **43**, 1927, p. 1.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, **124**, 1929, p. 119.
(3) *Zeits. f. Phys.*, **52**, 1929, p. 853.
(4) J. Laval, *Bull. Soc. franç. Minéral.*, **62**, 1939, p. 104.

causent une diffusion infime, le pouvoir diffusant, par effet Compton, se confond avec le pouvoir diffusant faible. Il est très inférieur au pouvoir diffusant, par effet Compton, dans l'atome de carbone libre. Pour $\sin\varphi/\lambda$ égal à 0,12, le premier s'élève à peine aux 2/5 du second :

$(\sin\varphi/\lambda).10^{-8}$; $\lambda = 1$ Å, 358.	0,06	0,112.	0,168.	0,274.	0,372.
p mesuré (diamant)............	0,10	0,14	0,30	0,55	0,65
p calculé (atome libre).........	0,22	0,36	0,49	0,66	0,74

Debye, étudiant la chaleur spécifique des métaux, a défini une température caractéristique ([5]) liée de façon simple aux fréquences maxima des vibrations élastiques, qui permet de calculer le pouvoir diffusant pour les vibrations ayant ces fréquences. D'après la température caractéristique de l'aluminium, 390°K., j'ai pu déterminer le pouvoir diffusant, par effet Compton, dans le cristal de ce métal. Il est moindre que le pouvoir diffusant, par effet Compton, dans l'atome d'aluminium libre :

$(\sin\varphi/\lambda).10^{-8}$; $\lambda = 0$ Å, 708.	0,074.	0,094.	0,148.	0,30.	0,483.
p mesuré (cristal)..............	0,06	0,08	0,18	0,42	0,61
p calculé (atome libre).........	0,16	0,21	0,30	0,52	0,74

Quand la température s'élève, l'effet Compton reste sensiblement constant, l'agitation thermique et la diffusion croissent. C'est l'accroissement de l'agitation thermique qui provoque l'augmentation de la diffusion ([6]). De cette augmentation, on déduit le pouvoir diffusant dû aux vibrations élastiques, et, en particulier, aux vibrations qui ont les fréquences les plus élevées. Puis on évalue le pouvoir diffusant, par effet Compton, en faisant la différence avec la diffusion faible. On trouve, de la sorte, que le pouvoir diffusant, par effet Compton, dans la sylvine n'atteint pas celui que l'on calcule en supposant libres les ions K^+ et Cl^- :

$(\sin\varphi/\lambda).10^{-8}$; $\lambda = 0$ Å, 708.	0,086.	0,149.	0,247.	0,395.
p mesuré (cristal)........................	0,10	0,20	0,35	0,38
p calculé (ions libres)....................	0,18	0,32	0,50	0,63

Toutes ces différences ne peuvent être imputées à une estimation erronée des facteurs de structure électroniques. Ces facteurs ont pour sommes les facteurs de structure atomiques que l'on détermine expérimentalement par la photométrie des rayons X sélectivement réfléchis. J'ai pris en compte dans la formule de Wentzel, les facteurs de structure électroniques calculés par James et Brindley ([7]), car les facteurs de structure atomiques correspondants s'accordent exactement avec les intensités des réflexions sélectives.

Ainsi un atome engagé dans un cristal produit un effet Compton moindre que s'il était libre.

([5]) *Ann. d. Physik*, **39**, 1912, p. 789.
([6]) J. Laval, *loc. cit.*, **64**, 1941, p. 90.
([7]) *Phil. Mag.*, **12**, 1931, p. 104.

HYDROLOGIE. — *Sur les réserves souterraines de la Cure en amont de Saint-Père.* Note de Mlle **Aimée Péreau.**

En examinant la marche en décrue des niveaux de la Cure relevés à Saint-Père, on parvient à distinguer l'existence de tronçons appartenant visiblement à une courbe continue de décrue non influencée par les pluies. Les différents tronçons du graphique ne s'étendent jamais que sur quelques jours. On a constamment l'impression de la vidange d'une capacité peu importante, mais fréquemment réalimentée.

Dans le but de déterminer l'importance de cette capacité, les niveaux ont été transformés en débits en se servant des résultats de jaugeage communiqués par le Service Central d'Annonce des Crues et que l'on peut représenter pour les débits inférieurs à 20 m³/s par la formule

$$Q = 2,67(h + 0,78)^{3,28}.$$

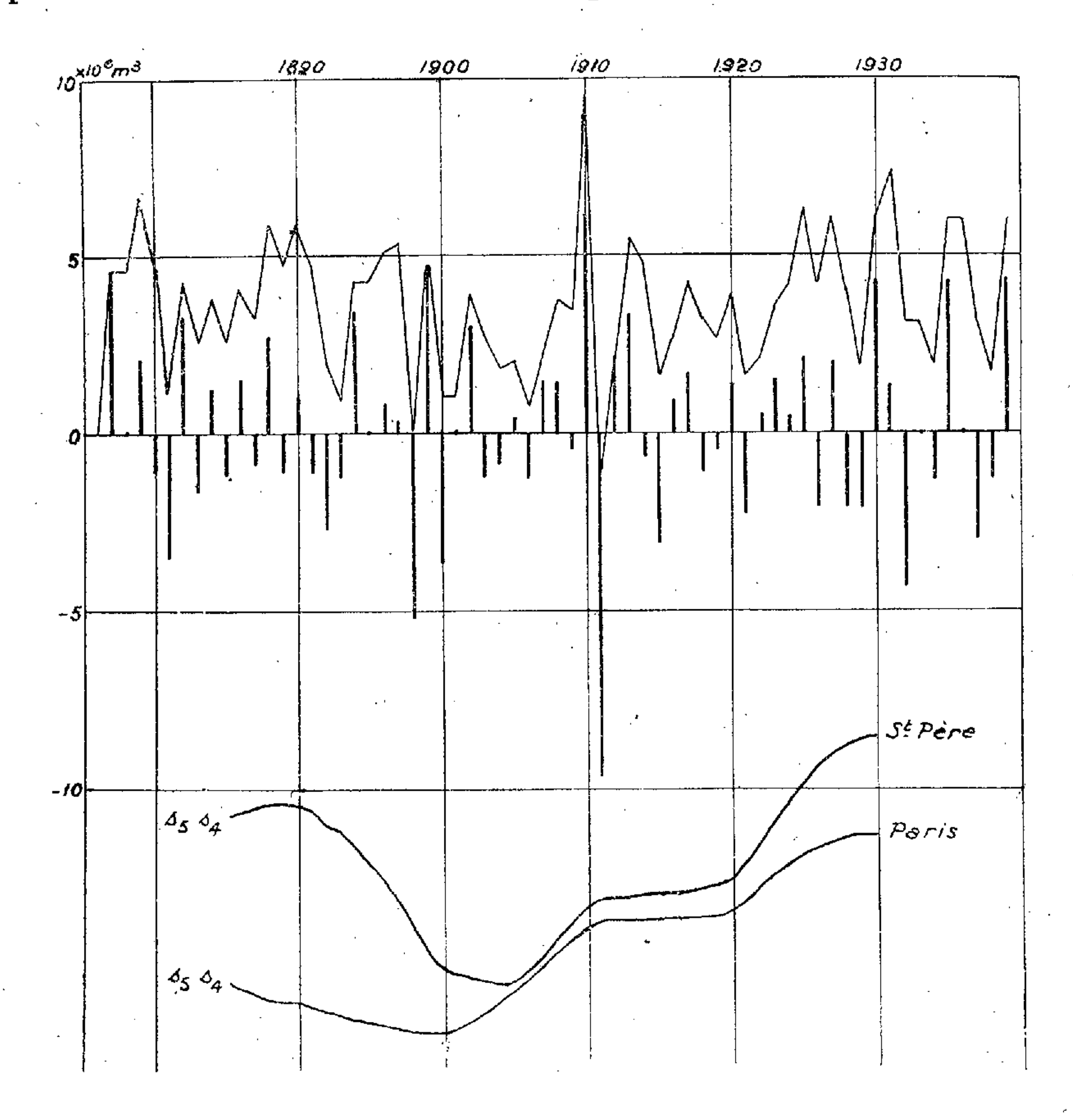
Capacité souterraine. — Le graphique des débits journaliers a permis de relever une courbe de décrue en régime propre non influencé par les pluies, défini par Ed. Maillet, s'étendant sur 16 jours et valable pour les débits inférieurs à 9,67 m³/s. L'anamorphose logarithmique de cette courbe montre qu'elle peut être représentée par deux tronçons de la fonction exponentielle $q = Ae^{-\alpha t}$, caractérisés par des paramètres différents. Les paramètres calculés et les volumes qui en résultent se trouvent dans le tableau suivant :

Cote (m).	Débit (m³/s).	Durée (jours).	A.	α.	Capacité libérée (m³).
0,70	9,67				
		4,94	9,67	0,1193	3.118.000
0,46	5,36				
		11,06	8,15	0,0847	3.328.000
0,15	2,10				
		—	8,15	0,0847	2.141.000
−0,78	0				

On voit que le tarissement est très rapide par rapport aux cas étudiés par MM. Maillet, Palluchini, Mazloum et Frolow. Comme la surface du bassin versant de la Cure en amont de Saint-Père est égale à 564,8 km² (valeur obtenue par planimétrage de la carte au 1/80000), le volume calculé ne représente que 15^{mm} de pluie. Nous avons là une réserve d'eau très faible, mais qui se renouvelle souvent. Ceci constitue une caractéristique des terrains granitiques fissurés superficiellement du Morvan. La modicité des réserves souterraines de cette région avait d'ailleurs été signalée par Belgrand ; le travail présent en donne la mesure.

Marche des réserves. — D'année en année la réserve définie plus haut est entamée plus ou moins, ce qui se traduit par la cote plus ou moins basse observée dans l'année. La différence des niveaux minima de deux années consécutives permet de calculer le volume emmagasiné, ou au contraire perdu.

La somme algébrique de ces volumes indique la marche des réserves souterraines par rapport à une année de référence. Le graphique accompagnant cette Note représente les différences de volume par les traits verticaux, et la marche



de la réserve souterraine par le trait continu, l'année de comparaison étant 1876. On constate que, depuis cette époque, la réserve souterraine est le plus souvent en augmentation. Cependant, une seule année peut suffire pour épuiser tout le surplus accumulé, comme le cas s'est produit en 1911.

Prévision. — Le graphique du bilan de la réserve souterraine présente des analogies avec celui des pluies à Paris. La courbe de reconnaissance $s_4 s_5$ (méthode d'analyse par combinaison linéaire d'ordonnées de M. H. Labrouste), reproduite en bas de la figure, montre une marche comparable pour les deux séries. Il s'ensuit que les règles de prévision, énoncées par M. V. Frolow (¹) pour la pluie annuelle à Paris, sont applicables pour les bas débits de la Cure. La prévision peut être réalisée en extrapolant les courbes de reconnaissance $s_4 s_5$ et $s_5 s_6$.

(¹) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 562.

GÉOLOGIE. — *Le problème du flysch au Nord du Pelvoux.*
Note (¹) de M. **Reynold Barbier**, transmise par M. Maurice Gignoux.

Mes levers au 1/20000 dans la vallée de l'Arc, entre Saint-Jean et Saint-Michel-de-Maurienne, m'ont montré que la complexité stratigraphique et tectonique de la *zone du flysch* est ici beaucoup plus grande que ne le laisserait prévoir la feuille de Saint-Jean-de-Maurienne au 1/80000; et j'ai été conduit à y établir une première division en deux unités qui est capitale pour la compréhension de cette zone :

A. *Flysch des Aiguilles d'Arves* (s. str.). — Ce flysch, le plus externe, s'étend depuis le Pont de Villarclément jusqu'un peu à l'est du torrent de Saint-Julien et se présente sous la forme d'une sorte de *trilogie priabonienne*, soit, de haut en bas :

1. Alternances de schistes ardoisiers et de grès en gros bancs.

2. Schistes ardoisiers noirs, luisants, non calcaires, avec dalles de grès fins.

3. Schistes calcaires avec absence presque complète de dalles gréseuses et, à la base, quelques dalles de calcaires gris à gros grains de quartz, où M. Gignoux (²) avait signalé la présence de petites Nummulites et où j'en ai moi-même retrouvé. Cette assise débute par un conglomérat de base à galets calcaires et cristallins et à pâte schisteuse à la base, gréseuse au sommet. Ce conglomérat forme une barre rocheuse bien visible, rive droite, à 200^{m} en aval du Pont de Villarclément; son contact avec le *Lias autochtone* présente ici tous les caractères d'un contact stratigraphique, et non mécanique comme il a été admis jusqu'à présent.

Tectoniquement, ce flysch se caractérise par la régularité frappante de ses strates, plongeant régulièrement vers l'Est à 45° en moyenne. Il est très développé vers le Sud où il forme le petit massif des Aiguilles d'Arves, raison pour laquelle je lui conserve ce nom. Vers le Nord, au contraire, sa largeur diminue et il disparaît presque totalement au nord du Col de Valbuche sous une écaille de flysch plus interne.

B. *Écailles internes.* — A l'Est de cette première unité, caractérisée par sa simplicité stratigraphique et tectonique, nous tombons brusquement dans une zone complexe comprenant de nombreuses écailles et dont les faciès également s'opposent à ceux de la zone précédente :

Priabonien. — Schistes et grès du flysch, très variés dans les détails et d'une écaille à l'autre, présentant par places des dalles de calcaires gréseux à petites Nummulites.

(¹) Séance du 27 avril 1942.

(²) *Révision de la Feuille de Lyon au* 320/000 (*Bull. Carte géol. France,* 22, n° 133, 1912).

Lutétien. — Calcaires et conglomérats à grandes Nummulites (gisement classique dit *de Montricher* avec *N. millecaput*); nombreux points fossilifères découverts par moi au nord de l'Arc. Ces conglomérats sont transgressifs sur des terrains divers (Crétacé sup. et Crétacé inf. en particulier).

Crétacé sup. — C'est le faciès classique des « marbres en plaquettes », déjà connus au sud de l'Arc (Usine de Saint-Félix); j'ai retrouvé ce terrain assez largement développé au Nord.

Crétacé inf. — Complexe des calcschistes clairs, de gros bancs de microbrèches et de dalles calcaires à bandes siliceuses noires; j'y ai retrouvé une *Duvalia*. Ce terrain n'avait, jusqu'à présent, été reconnu que près de Saint-Martin-de-Belleville (3).

Malm. — Aspect classique de calcaire gris ou clair (blanc ou rosé); affleurements très peu nombreux.

Nous avons donc affaire, en réalité, à deux catégories de flysch bien distinctes :

Un flysch des Aiguilles d'Arves, priabonien, directement transgressif sur la couverture des massifs cristallins externes, caractérisé par son extrême régularité, tout à fait analogue à celle des terrains *autochtones* et qui exclut toute idée de charriage lointain.

Un flysch interne à base lutétienne, accompagné de Crétacé et affecté, au contraire, d'une tectonique violente l'ayant débité en écailles successives. Par ses faciès, cette unité se rattache nettement à la zone subbriançonnaise.

Ces faits, qui peuvent paraître quelque peu surprenants (puisque la notion classique de *Nappe des Aiguilles d'Arves* devient ainsi caduque, au sens où elle a été prise jusqu'à présent), sont-ils en accord avec ce que nous connaissons plus au Sud?

Dès 1933, D. Schneegans (4) avait établi, en matière de flysch, une première distinction fondamentale entre le flysch de l'Embrunais, interne par rapport à la zone subbriançonnaise, et le Flych des Aiguilles d'Arves qui lui est externe.

Mais, en 1936, M. Gignoux (5), étudiant le bord Nord-Est du Pelvoux, a pu établir que le flysch des Aiguilles d'Arves n'est pas une unité nouvelle, mais qu'il « représente le prolongement vers le Nord du Nummulitique dit *autochtone* qui borde au Sud-Est le massif du Pelvoux et qui appartient, d'après nos définitions, à la zone ultradauphinoise » (6). C'est la belle coupe

(3) L. Moret et D. Schneegans (*C. R. somm. Soc. géol. France*, n° 15, 23 novembre 1936, p. 251).

(4) *Comptes rendus*, 187, 1933, p. 262; *ibid.*, 197, 1933, p. 486.

(5) *Bull. Soc. géol. France*, 5e série, 6, 1936, p. 425.

(6) M. Gignoux et L. Moret, *Travaux Lab. géol. Univ. Grenoble*, 22, 1938, pp. 56 et suivantes.

de la Croix de Ciboui qu'ont pu admirer les participants à la Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en 1938.

C'est donc à un seul et même terrain que nous avons affaire au Nord et au Sud du Pelvoux : c'est le flysch priabonien, transgressif directement, soit sur le massif cristallin, soit sur sa couverture mésozoïque et dont le décollement en arrière du Pelvoux n'est qu'un accident local, ainsi que le prouve si bien la coupe de la Croix de Ciboui, où le flysch reste transgressif sur la lame de granite décollée.

Et dès lors le « *bord pennique frontal*, limite d'une zone externe ou autochtone et d'une zone interne ou pays de nappes » ([6]), retrouve une symétrie parfaite de part et d'autre du massif du Pelvoux, puisque ainsi, au Nord de même qu'au Sud de ce massif, « c'est la zone subbriançonnaise, faisant suite vers l'Est à la zone ultradauphinoise, qui marque le bord pennique frontal » ([6]).

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur l'existence d'une structure primaire exarche dans les plantules des Angiospermes.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En ce qui concerne l'organisation des plantules des Angiospermes, qui a donné lieu à de longues discussions, l'interprétation donnée par Chauveaud et défendue par Paul Becquerel est exacte dans son ensemble. Cela est démontré par la physiologie. Il y a effectivement, dans les premiers temps de la germination, écoulement de l'eau vers la surface du corps sous l'action de la transpiration, d'où la structure exarche du système vasculaire. La lame ligneuse centripète, très réduite parfois ou même rudimentaire, que l'on observe dans l'hypocotyle et le cotylédon, se superpose verticalement au coin ligneux centripète de la radicule qu'elle continue vers le haut. *Il n'en est pas moins certain qu'il y a là une structure primaire exarche qui appartient en propre à l'hypocotyle et au cotylédon* ([1]).

Tous les aspects structuraux, figurés par Chauveaud chez *Triglochin* (1901 et 1911), *Allium* (1902), *Beta* (1906) et *Mercurialis* (1911, p. 215 à 221), aux différents âges ou niveaux des plantules considérées, reproduisent les aspects multiples, qui nous sont offerts par les faisceaux unipolaires diploxylés (divergeants cycadéens), soit chez les Cycadées, soit chez les Sigillariées, soit même chez les Calamariées ([1]).

A l'état jeune, les faisceaux pétiolaires des Cycadées ont une structure exarche en harmonie avec l'écoulement centrifuge de l'eau provoqué par la

([1]) J'abandonne donc complètement l'idée d'un télescopage entre les deux structures feuille et racine, que j'avais admise comme susceptible d'expliquer la structure des plantules des Angiospermes.

transpiration. Même chose pour les folioles, qui, à l'état jeune, ou bien sont enroulées (*Cycas*), ou bien ont leurs faces ventrales tournées l'une vers l'autre (*Dioon*), position bien plus accusée encore chez les deux cotylédons de l'Érable ou d'une Ombellifère : tous ces organes transpirent par leur face externe, qui deviendra plus tard leur face inférieure. Même chose encore pour les feuilles des Cordaïtes, groupées en bouquets ou en éventails à l'extrémité des rameaux, conformément aux restaurations de Grand'Eury.

H. Matte a figuré deux sections transversales du pétiole de *Stangeria* (*Cycadacées*, 1904, *Pl. VIII*, *fig.* 118 et 119), qui peuvent nous donner une idée de la structure de la tige et de l'importance du bois primaire centripète chez les ancêtres des Angiospermes. Cependant chez ces dernières, tout au moins chez leurs plantules, le bois primaire était et est demeuré différencié beaucoup plus en direction radiale et centripète que tangentielle.

Ch.-Eug. Bertrand a décrit et figuré des exemplaires de *Psilotum*, où la structure exarche typique avec forme étoilée du bois, est réalisée d'une manière identique dans les rameaux souterrains et les rameaux aériens (1883, *fig.* 164, 167, 175 etc.). Mais les premiers sont enveloppés d'un manchon de poils absorbants et dépourvus de tissus scléreux, tandis que les seconds sont pourvus d'un tissu assimilateur sous-épidermique et de tissus scléreux (axe scléreux au centre de la stèle et gaine mécanique corticale). Or l'axe hypocotylé des Angiospermes paraît avoir un bois étoilé réduit, mais dont la disposition est calquée sur l'étoile ligneuse de la radicule. A cet égard, il y a parallélisme complet avec l'organisation primaire de *Psilotum* : même structure de l'étoile ligneuse dans les parties souterraines et aériennes. Chez *Urtica dioica*, en particulier, la section transversale du milieu et du sommet de l'hypocotyle présente un petit faisceau binaire exarche identique à celui de la radicule (Gravis, 1885, *Pl. XII*, *fig.* 2 et 5; Chauveaud, 1911, *fig.* 121).

En résumé : 1° les travaux de Chauveaud et de ses disciples permettent de relier solidement l'évolution de l'appareil conducteur des Angiospermes à ce que nous connaissons de la structure des végétaux carbonifères; 2° la tendance du bois primaire à évoluer vers la structure exarche s'est manifestée à la longue dans tous les groupes divergents des végétaux vasculaires, même chez les Fougères (pétioles des Schizéacées, de *Marsilia*, d'*Asplenium*, stolons des *Nephrolepis* etc.) et chez les Ptéridospermes (stèles de *Sutcliffia*); 3° physiologiquement la tendance à l'exarchie des tiges et des pétioles jeunes est en relation avec l'écoulement d'eau vers la surface provoqué par la transpiration et l'assimilation chlorophyllienne.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur les microfossiles des calcaires siluriens de la Montagne Noire, les Chitinozoaires (Eisenack).* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les données micropaléontologiques sur les roches siluriennes de France sont, hors quelques rares mentions concernant des Foraminifères et des Radiolaires indéterminés, pratiquement inexistantes. En Allemagne, les importants travaux d'Eisenack, poursuivis par cet auteur depuis 1931 [1] sur des galets siluriens du domaine baltique, puis sur diverses roches siluriennes d'autres provenances, ont fait connaître un microbios nouveau, comportant, outre des restes microscopiques de Graptolithes et d'Annélides, des Hystrichosphères et un groupe d'organismes inconnus jusqu'alors, les *Chitinozoaires*. Ce sont des logettes chitineuses de teinte brun foncé ou noire, affectant des formes très variées, et qu'Eisenack considère comme des restes de Protozoaires, sans toutefois exclure l'hypothèse de vestiges de Métazoaires (ovithèques ?) de très petite taille. Dès à présent, il semble bien que les Chitinozoaires sont appelés à jouer un rôle dans la stratigraphie du Silurien, en compagnie d'ailleurs des Hystrichosphères, déjà nombreuses.

Mes premières recherches dans cette voie, effectuées sur quelques fragments de calcaires siluriens de la Montagne Noire, dus à M. Casteras, m'ont mis en présence d'un ensemble de ces microfossiles, jusqu'ici inconnus en France, ensemble composé en partie de Chitinozoaires, en partie d'Hystrichosphères de très petite taille. Ces dernières feront l'objet d'une prochaine Note.

Voici un résumé des résultats enregistrés, dont certains sont négatifs *pour les échantillons étudiés*.

Ordovicien. — *Caradocien.* — Calcaire du petit Glauzy [2] : Néant.

Ashgillien. — Calcschiste de la Grange du Pin : Hystrichosphères.

Gothlandien. — A. Sans autre précision. Calcaires de Roquemaillère : Chitinozoaires et Hystrichosphères. Calcaire, route de Gabian à Faugères : Néant. Calcaire, la Combe d'Izarne : Chitinozoaires et Incertæ sedis.

B. *Wenlockien.* — Calcaire, Roquemaillère : Chitinozoaires et Hystrichosphères. Calcaire, Ruisseau du Ribouyrel : Néant.

Ludlowien. — Calcaire, Cabrières : Néant.

Aucun des échantillons étudiés n'est riche en Chitinozoaires, ni même en microfossiles en général, mais ceci ne saurait faire préjuger de l'avenir de ces

(1) *Palaeont. Ztschr.*, **13**, 1931, p. 74; **14**, 1932, p. 257; **16**, 1934, p. 52; **19**, 1937, p. 217.

(2) Toutes ces localités sont situées dans le département de l'Hérault.

recherches dans la région considérée, puisqu'il ne s'agit que d'un premier sondage, sur des matériaux extrêmement restreints.

La conservation des Chitinozoaires est assez mauvaise, comme j'en ai pu juger en les comparant à des spécimens du domaine baltique, qui m'avait été envoyés par A. Eisenack en 1936-1938. Les coques (*fig.* 1 à 8) sont noires et cassantes, et n'ont jamais la fraîcheur relative que montrent les paratypes

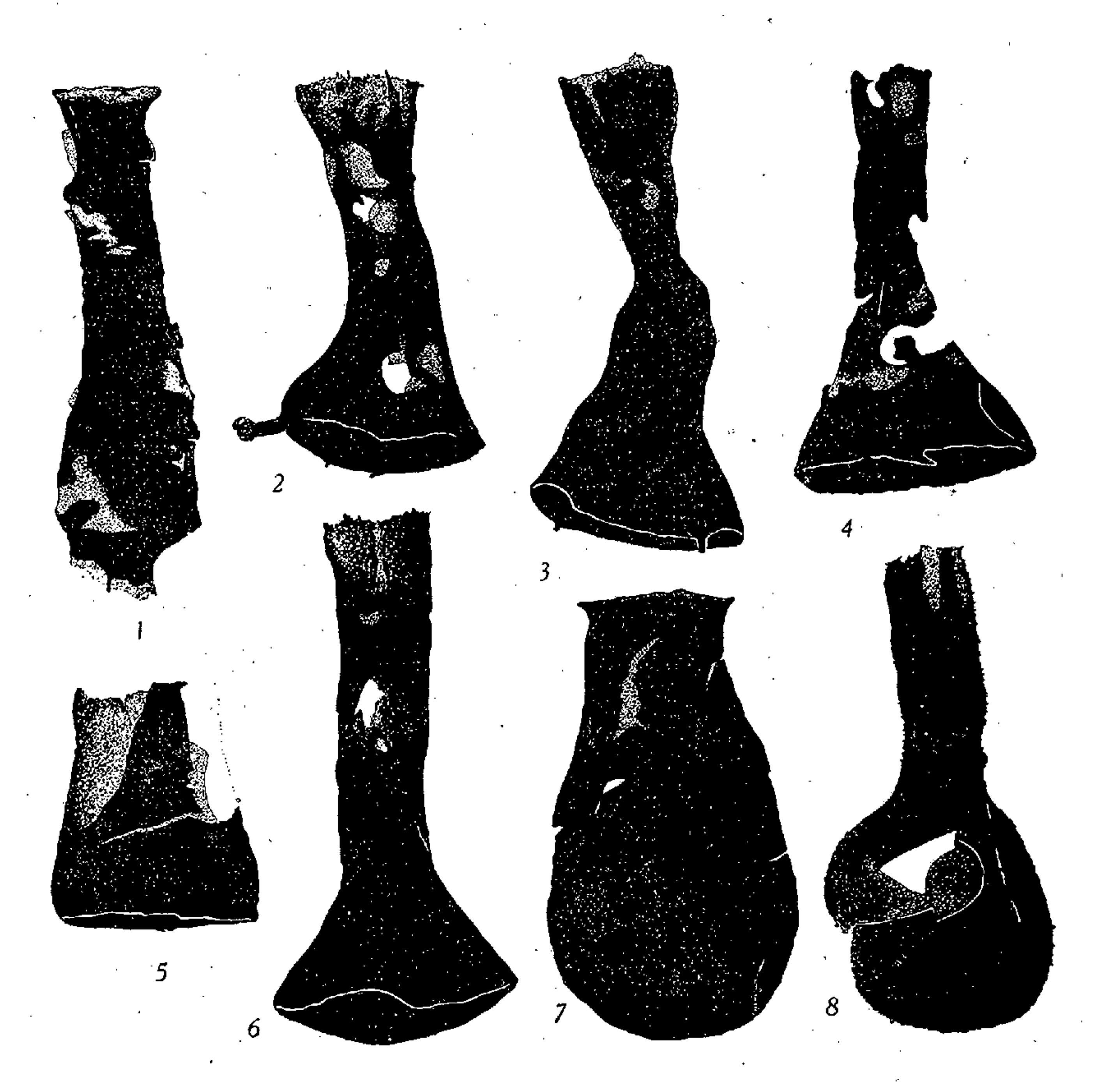


Fig. 1 à 8. — Chitinozoaires des calcaires siluriens de la Montagne Noire. Aspect des logettes creuses, opaques, recueillies dans le résidu insoluble dans HCl. 1, *Conochitina claviformis* Eis.; 2 et 3, *Conochitina diabolo* Eis. var. *paucicornis* n. var.; 4 et 6, *Conochitina* cf. *kuckersiana* Eis.; 5, *Conochitina* cf. *lagenomorpha* Eis.; 7, *Desmochitina* ? cf. *urna* Eis.; 8, *Lagenochitina sphærocephala* Eis. Grossissement 300, sauf figure 7, grossissement 240.

d'Eisenack. Leur aspect rappelle plutôt celui des formes ordoviciennes découvertes par cet auteur dans des nodules siliceux de schistes de la région rhénane (³). Elles sont souvent fendues ou incomplètes, ce qui, joint à leur rareté, rend les déterminations laborieuses. J'ai cependant pu reconnaître déjà les espèces ci-après :

(³) *Senckenbergiana*, **21**, 1939, p. 135.

Conochitina claviformis Eis. (Gothlandien, Roquemaillère) (*fig.* 1); *Conochitina diabolo* Eis. var. *paucicornis* n. var. (Wenlock, Roquemaillère) (*fig.* 2, 3); *Conochitina* cf. *kuckersiana* Eis. (Wenlock, Roquemaillère) (*fig.* 4, 6); *Conochitina* cf. *lagenomorpha* Eis. (Gothlandien, Roquemaillère) (*fig.* 5); *Desmochitina?* cf. *urna* Eis. (Gothlandien, Roquemaillère) (*fig.* 7); *Lagenochitina sphærocephala* Eis. (Gothlandien, La Combe d'Izarne) (*fig.* 8).

Sauf *Conochitina* cf. *kuckersiana* Eis., trouvée par Eisenack dans un galet qui semble provenir du Silurien inférieur, toutes les autres formes du Gothlandien de la Montagne Noire n'ont encore été signalées que dans le Silurien supérieur, soit du domaine baltique, soit de Bohême. Ces premiers résultats, auxquels s'ajoutent ceux, non encore publiés, relatifs aux Hystrichosphères, montrent que de telles recherches mériteront d'être poursuivies sur des matériaux plus abondants et de provenances variées.

La séance est levée à 15h 35m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 OCTOBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau de l'Académie le tome XII de la *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, par Paul Helbronner, *Massifs des Alpes Maritimes* et *Tables générales*.

Notice nécrologique sur Edmond Rothé,
par M. **Charles Maurain**.

Edmond Rothé est né le 13 octobre 1873. Ses premiers travaux, faits à la Sorbonne dans les laboratoires de Pellat et de Bouty, ont porté sur la polarisation des électrodes; il a montré qu'il existe une véritable continuité entre la polarisation et l'électrolyse, et précisé les caractères des polarisations anodique et cathodique. Il est nommé maître de conférences à la Faculté de Grenoble en 1903; chargé d'un cours d'optique, il est conduit à s'occuper de photographie, et réalise en particulier des photographies en couleurs par la méthode interférentielle de Lippmann, mais sans miroir de mercure, la réflexion utilisée étant celle sur la surface air-gélatine. Il passe à Nancy en 1905 et y devient professeur titulaire en 1910; il étudie d'abord l'ionisation dans les gaz et la variation du courant de saturation avec la pression.

Mais bientôt il est attiré par des problèmes relatifs à la navigation aérienne, et se tourne vers l'Aérologie et la T. S. F. Il publie des travaux sur le rôle des antennes dans la réception des ondes radioélectriques, sur l'influence de la radiation solaire sur la propagation de ces ondes, sur l'action des phénomènes orageux. Il s'occupe activement de l'organisation des transmissions par T.S.F. et résume le sujet dans un livre qui eut rapidement cinq éditions.

Pendant la guerre 1914-1918, Rothé, sous-lieutenant du Génie, fut un des collaborateurs du colonel Ferrié à la Télégraphie militaire, puis travailla à la Direction des Inventions, où il dirigea la Section d'Aéronautique et Météorologie. Il y participa à de nombreuses études; il imagina des dispositifs nouveaux, par exemple le conducteur-microphone à amplificateur, et l'anémomètre à oscillations électriques, qui permet de transmettre au sol les indi-

cations d'un anémomètre suspendu à un ballon captif par des oscillations électriques circulant dans le câble du ballon.

En 1919, Rothé devint professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg, dont il fut dans la suite le doyen. Chargé de la Direction de l'Institut de Physique du Globe et du Service Météorologique d'Alsace et Lorraine, il développe avec ardeur les observations et les recherches en ces domaines scientifiques, particulièrement en Séismologie.

Il mena de front, en Séismologie, des recherches de genres très divers. Sur le problème fondamental de la transmission des ondes séismiques, il a publié plusieurs Mémoires importants, en particulier sur une méthode générale pour l'étude de la propagation et sur la propagation des ondes au voisinage de l'origine du tremblement de terre. Pour examiner ce dernier problème dans des cas particuliers, Rothé étudia la propagation d'ondes provoquées par des explosions soit fortuites comme celle d'Oppau, soit réalisées pour des travaux d'exploitation, comme celles d'Hagondange, soit spécialement organisées, comme celles de La Courtine.

Il a longuement étudié la répartition des origines des tremblements de terre sur le Globe et la variation de cette répartition; il a proposé une classification des tremblements de terre fondée sur leurs causes.

Pour aider au développement de la Séismologie en France et dans les territoires outre-mer, il fit construire, avec la collaboration de M. Labrouste, un type de séismographe du genre Mainka, dont de nombreux exemplaires sont entrés en service; il installa aussi à Strasbourg un séismographe à grande masse (19 tonnes), en vue de l'étude des séismes d'origine peu éloignée; il établit un appareil pour l'essai des séismographes sur une plate-forme à laquelle on peut donner des mouvements divers.

Il était directeur du Bureau central français de Séismologie, et s'est employé activement, en cette qualité, à répandre et systématiser l'étude des tremblements de terre en France et dans les territoires outre-mer; il a joué un rôle plus large encore dans l'extension de la Séismologie, comme Secrétaire de l'Association internationale de Séismologie et Directeur du Bureau Séismologique international.

Rothé avait continué de s'intéresser à la T. S. F., publiant deux Mémoires sur l'emploi de la radiogoniométrie dans l'étude des parasites atmosphériques et des orages, et à l'Aérologie, à laquelle il consacra un excellent Ouvrage. Il s'est beaucoup occupé des sondages atmosphériques par ballons-sondes avec enregistreurs et par ballons-pilotes, et de leurs résultats. Il a aussi orienté des recherches vers la micrométéorologie, c'est-à-dire l'étude détaillée des éléments météorologiques en rapport avec les divers revêtements du sol, forêts, cultures, qui est susceptible d'importantes applications pratiques.

Rothé a joué enfin un grand rôle, par ses travaux personnels et ceux qu'il a suscités, par son enseignement et ses publications, dans le développement des

méthodes géophysiques applicables à l'étude du sous-sol, méthodes qui apportent une aide précieuse à la Géologie et interviennent de manière efficace dans la prospection minière. Il a fait construire un appareil pour l'application de la méthode magnétique. Il s'est particulièrement attaché à la création d'une méthode fondée sur la mesure des radiations émanant des corps radioactifs, étudiant la radioactivité des roches et faisant de la méthode des applications nombreuses et détaillées sur le terrain. Il a exposé les diverses méthodes géophysiques d'étude du sous-sol dans un Ouvrage qui eut un grand et légitime succès.

Edmond Rothé a été un grand travailleur, un chercheur infatigable, s'adonnant avec ardeur à des sujets nouveaux et donnant tous ses efforts au développement de leur étude et de leurs applications. Les tristesses qui ont assombri ses dernières années n'avaient pas affaibli sa volonté laborieuse; arraché au théâtre de son activité, privé des moyens de travail qu'il y avait accumulés, bientôt retraité et n'ayant plus la consolation de l'enseignement, dans un état de santé précaire, il a continué son labeur. Il présentait lui-même il y a quelques mois à l'Académie, dont il était Correspondant depuis 1938, un travail sur les tremblements de terre des Alpes, fait en collaboration avec son fils Jean, dont il a eu la joie de voir se développer dignement la carrière scientifique, et terminait récemment deux ouvrages dont la publication continuera son œuvre par delà sa mort.

M. Charles Maurain fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Étude physique de la Terre*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Timon-David. *Fragments de Biochimie entomologique*.

2° Maurice Buisson. *Essais de Géotechnique*. I. *Caractéristiques physiques et mécaniques des sols* (présenté par M. L. Guillet).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le plus petit corps convexe contenant un arc de courbe dans l'espace à n dimensions.* Note de M. **Bernard Combes**, présentée par M. Paul Montel.

L'arc de courbe AB étant défini en coordonnées cartésiennes $(X_1, X_2, \ldots, X_n)$ par $X_p = \varphi_p(x)$, $a \leqq x \leqq b$, le plus petit corps convexe qui le contienne est le

domaine des centres de gravité G(F), de coordonnées $X_p = \int_a^b \varphi_p(x)\,dF(x)$, des masses réparties sur AB suivant la loi des probabilités totales arbitraire $F(x)$; dans le cas général, c'est un volume (V) limité par des portions de surfaces dont la nature dépend de la forme de l'arc AB.

Si le nombre maximum de points d'intersection de l'arc AB avec un plan quelconque est égal à n, le volume (V) est limité par deux portions de surface : l'une (Σ_1), enveloppe des plans déterminés par les tangentes en K points arbitraires de AB dans le cas où $n = 2K$, par le point A et les tangentes en $K - 1$ points arbitraires de AB si $n = 2K - 1$. L'autre (Σ_2), enveloppe des plans déterminés, dans le premier cas, par les points A et B et par les tangentes en $K - 1$ points arbitraires de l'arc, dans le second, par le point B et les tangentes en $K - 1$ points arbitraires de AB.

Ainsi, pour $n = 2K$, (Σ_1) est définie par $M = \sum_{i=1}^{K} m_i A_i$ avec $\sum_{i=1}^{K} m_i = 1$ et (Σ_2) par $M = \sum_{i=1}^{K-1} m_i A_i + m' A + m'' B$ avec $m' + m'' + \sum_{i=1}^{K-1} m_i = 1$, les points A_i étant des points arbitraires de AB et les portions utiles des surfaces correspondant aux $m \geqq 0$.

Le cas simple où $\varphi_p(x) = x^p$ a été spécialement étudié; les calculs ont été effectués pour $n = 2K$: l'équation de (Σ_1) s'obtient en égalant à zéro un déterminant d'ordre $K + 1$ qui admet pour $(p+1)^{\text{ième}}$ ligne $X_{K+p} X_{K+p-1} \ldots X_{p+1} X_p$ $(X_0 = 1)$ et (Σ_2) est définie par

$$X_p = m' a^p + m'' b^p + \sum_{i=1}^{K-1} m_i X_i^p \quad \text{avec} \quad a \leqq x \leqq b, \quad m' + m'' + \sum_{i=1}^{K-1} m_i = 1 \quad \text{et les} \quad m \geqq 0.$$

On a la proposition suivante : a étant donné, il existe un nombre $h > 0$ tel que si $|b - a| < h$, les surfaces (Σ_1) et (Σ_2) se rapprochent indéfiniment lorsque n augmente indéfiniment.

Voici le principe de la démonstration : soient M_2 le point de (Σ_2) de paramètres $m', m'', m_1, \ldots, m_{K-1}; x_1, x_2, \ldots, x_{K-2}, x_{K-1} = \xi$; C le point de AB de paramètre ξ et π_h le plan à deux dimensions parallèle à l'axe des X_{K+h} passant par les points C et M_2. L'intersection de (π_h) avec la partie utile de (Σ_2) se réduit à un segment CD de la droite CM_2; son intersection avec (Σ_1) se décompose en une droite multiple d'ordre $h - 1$, (Δ) parallèle à l'axe des X_{K+h} menée par C et une courbe (γ_h) de degré $K - h + 2$ qui admet C comme point multiple d'ordre $K - h + 1$ et passe par D.

La partie utile de cette intersection est l'arc CD de (γ_h) situé par rapport à CD du même côté que le point T d'intersection avec (Δ) de la tangente en D à (γ_h).

L'arc CD étant convexe, si M_1 est le point d'intersection avec (Σ_1) de la parallèle à l'axe des X_{K+h} mené par M_2, on a $M_1M_2 < CT$. On trouve

$$CT = \frac{[(\xi-a)(\xi-b)(\xi-x_1)\ldots(\xi-x_{K-2})]^2}{A_h} = l_h,$$

A_h étant le coefficient de ξ^{K+h} dans le développement du numérateur.

L'étude de l_h permet de déterminer dans le plan des (a, b) une zone (Z') dans laquelle le maximum de l_h et, *a fortiori*, de la longueur des segments parallèles à l'axe des X_{K+h} intérieurs au volume (V) tendent vers zéro lorsque n augmente indéfiniment; de plus, on a $l_h < A\sqrt{n}B^{-n}$, $B > 1$ et A étant deux constantes si $h \neq K$ et $l_h < B^{-n}$ si $h = K$.

Pour que le volume (V) s'aplatisse indéfiniment suivant toutes les directions d'axes de coordonnées lorsque n augmente indéfiniment, il faut et il suffit que le point (a, b) soit situé dans une zone (Z) : pour $a > 0$, (Z) est l'aire comprise entre la droite $b = a$ et une courbe (C), elle-même située dans l'aire définie par les relations $b - a < 2e$; $b/a < 3$ si $a \leq 1$, $b - a < 2$ si $a \geq 1$; pour $a < 0$, c'est l'aire symétrique par rapport à l'origine.

On accroît le champ d'application des résultats précédents en ramenant la détermination du domaine des points G(F) définis plus haut lorsque $F(x)$ satisfait à certaines conditions de croissance, à celle du plus petit corps convexe contenant un arc de courbe (Γ') : pour cela, on considère $F(t)$ comme la somme de masses situées sur l'arc de courbe (Γ) : $X_p = \varphi_p(x)$, $a \leq x \leq t$, et l'on dissocie l'ensemble de ces masses en une infinité d'ensembles partiels dont chacun admette un centre de gravité indépendant de la fonction F, dont le lieu constitue l'arc de courbe (Γ').

Méthode générale d'étude du problème des moments. — Soit, par exemple, à étendre l'inégalité de Bienaymé au cas où l'on connaît les $n-1$ premiers moments, la variable aléatoire x étant supposée ≥ 0. Cela revient à trouver le maximum de $A_n(F) = \int_t^{+\infty} dF(x)$ connaissant $A_p(F) = \int_0^{+\infty} x^p dF(x)$ pour $p = 1, 2, \ldots, (n-1)$.

Le domaine des points de coordonnées $A_1, A_2, \ldots, A_n$ est le plus petit corps convexe contenant l'arc de courbe $X_p = x^p$ $[p = 1, 2, \ldots, (n-1)]$, $X_n = 0$ si $x < t$, $X_n = 1$ si $x > t$.

Il faut donc trouver l'intersection de la droite $X_p = A_p$ $[p = 1, 2, \ldots, (n-1)]$ avec la frontière du domaine en question.

Dans le cas où interviennent tous les moments, on trouve $A_n \leq \Delta/\Delta'$, Δ et Δ' étant respectivement le déterminant d'ordre $K+1$ si $n = 2K+1$ (d'ordre K si $n = 2K$) qui a pour $(p+1)^{\text{ième}}$ ligne $A_{K+p}\, A_{K+p-1} \ldots A_{p+1}\, A_p$ et le déterminant obtenu en bordant ce dernier par la ligne $t^K, t^{K-1}, \ldots, t, 1, 0$ si $n = 2K+1$ ($t^K, t^{K-1}, \ldots, t, 0$ si $n = 2K$) et par la colonne qui, lue de bas en haut, est formée des mêmes éléments dans le même ordre.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un critère de famille normale.* Note de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Gaston Julia.

Considérons $q \geq 3$ domaines D_i simplement connexes et disjoints à chacun desquels est associé un entier μ_i avec $\Sigma[1-(1/\mu_i)] > 2$. Nous avons montré ([1]) que les fonctions $w=f(z)$ méromorphes dans le cercle $|z|<1$ et dont les valeurs w décrivent une surface de Riemann Σ ne présentant pas, sur D_i, de disques à moins de μ_i feuillets, constituent une famille normale. (Cela est encore vrai lorsque certains domaines D_i sont réduits à des points.) Nous allons généraliser ce résultat en supposant qu'il y a, sur le domaine D_i, un nombre au plus égal à d_i de disques exceptionnels à moins de μ_i feuillets. Si les d_i satisfont à certaines conditions, que nous allons indiquer, les fonctions $f(z)$ constituent encore une famille normale.

Notre démonstration repose sur un théorème que nous avons établi récemment ([2]). Utilisant une méthode déjà employée ([3]), on déduit aisément de ce théorème la proposition que voici :

Les fonctions $f(z)$ constituent une famille normale lorsque deux des d_i au moins sont nuls et que

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{q}\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)\min(d_i, m) < 1 + m\left[\sum_{i=1}^{q}\left(1-\frac{1}{\mu_i}\right)-2\right]$$

pour toutes les valeurs de m au moins égales à μ, μ désignant le deuxième par ordre de grandeur décroissante de ceux des μ_i auxquels correspondent des d_i nuls.

C'est un critère de normalité ne faisant intervenir que les valeurs de la fonction. Il en résulte les propriétés suivantes :

1° pour $|z|<1$, on a $|f'(z)|/[1+|f(z)|^2] < K/[1-|z|^2]$, où K est une constante ne dépendant que des conditions de critère (ici, des domaines D_i et des nombres μ_i et d_i);

2° $$S(r) < \frac{K^2 r^2}{1-r^2} \quad \text{et} \quad T(r) < \frac{K^2}{2}\operatorname{Log}\frac{1}{1-r^2};$$

3° Si $f(z)$ est holomorphe, de cette dernière inégalité on déduit la relation

$$(1-|z|)\log|f(z)| < 2\left[K^2\log\frac{1}{1-|z|} + \log[1+|f(0)|^2]\right],$$

que, d'après une méthode due à M. H. Milloux, on peut transformer en

$$(1-|z|)\log|f(z)| < 4\left[K^2\log 2 + \log[1+|f(0)|^2]\right].$$

([1]) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 58, 1941, pp. 179-259.

([2]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 252.

([3]) Paragraphes 36-37 du Mémoire cité.

Reste à caractériser simplement l'ensemble des d_i satisfaisant à l'inégalité (1). La discussion est basée sur la remarque suivante : L'inégalité (1) est satisfaite pour toutes les valeurs de m au moins égales à μ si elle l'est lorsqu'on attribue à m la valeur μ et celles des valeurs d_i qui sont supérieures à μ.

Cas de trois domaines D_i *avec* $d_1 = d_2 = 0$. — Il y a normalité lorsque

$$d_3\left(1-\frac{1}{\mu_3}\right) < 1+\mu\left(1-\frac{1}{\mu_1}-\frac{1}{\mu_2}-\frac{1}{\mu_3}\right) \quad \text{avec } \mu = \min(\mu_1, \mu_2).$$

En particulier, si $\mu_1 = \mu_2 = \infty$, on trouve que d_3 peut être fixé arbitrairement; c'est un résultat que nous avions obtenu dans notre Mémoire cité.

Cas de quatre domaines D_i *avec* $d_1 = d_2 = d_3 = 0$. — Il y a normalité quel que soit d_4 si $(1/\mu_1)+(1/\mu_2)+(1/\mu_3) \leqq 1$; sinon, il y a normalité lorsque

$$d_4\left(\frac{1}{\mu_1}+\frac{1}{\mu_2}+\frac{1}{\mu_3}-1\right) < 1.$$

Cas de quatre domaines D_i *avec* $d_1 = d_2 = 0$. — Il y a normalité si le point P de coordonnées cartésiennes d_3 et d_4 se trouve dans la portion du premier quadrant touchant à l'origine et limitée par la ligne polygonale $P_1P_2P_3P_4$ définie par les coordonnées de ses sommets :

P_1. $d_3 = 0$; $d_4 = 1\Big/\left(\frac{1}{\mu_1}+\frac{1}{\mu_2}+\frac{1}{\mu_3}-1\right)$ si cette quantité est positive, sinon $d_4 = \infty$;

P_2. $d_3 = \mu_1\left(1-\frac{1}{\mu_2}-\frac{1}{\mu_3}\right)\Big/\left(1-\frac{1}{\mu_3}\right)$; $d_4 = \mu_1$ en supposant $\mu_1 \leqq \mu_2$;

P_3 et P_4 se déduisent de P_2 et P_1 en échangeant les indices 3 et 4.

Cas général de $q \geqq 4$ *domaines* D_i. — Il y a normalité dans chacun des cas suivants :

1° lorsque quatre au moins des d_i sont nuls, quels que soient les autres d_i;

2° lorsque trois des d_i sont nuls, soit $d_1 = d_2 = d_3 = 0$, quels que soient les autres d_i si $(1/\mu_1)+(1/\mu_2)+(1/\mu_3) \leqq 1$; ou bien, si cette dernière relation n'est pas satisfaite, lorsque l'un au moins des autres d_i est inférieur à $1/[(1/\mu_1)+(1/\mu_2)+(1/\mu_3)-1)]$;

3° lorsque deux des d_i sont nuls, les autres d_i satisfaisant à des conditions analogues à celles obtenues dans le dernier cas particulier étudié. Il serait trop long de les expliciter ici. Indiquons seulement que notre critère ne permet pas d'assurer la normalité lorsque, à l'exception de d_1 et d_2, tous les d_i sont au moins égaux à μ.

Il en est de même lorsqu'un d_i au plus est nul; dans ce dernier cas, les conditions imposées sont effectivement insuffisantes pour entraîner la normalité. Signalons enfin le résultat suivant, peu précis mais très simple : il y a normalité lorsque $\Sigma\, d_i \leqq q - 2$.

Remarque. — Lorsque tous les μ_i sont finis, on peut remplacer le signe $<$ par le signe $\leq$ dans l'inégalité (1). Cela conduit à des modifications de même nature dans les résultats de la discussion.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques critères nouveaux de stabilité.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Paul Montel.

Nous avons montré [1] l'intérêt qu'il y aurait à remplacer dans les raisonnements les distributions et potentiels capacitaires par des distributions et potentiels généraux issus de balayages.

On trouvera ici d'autres résultats obtenus par l'application de ce principe moyennant l'extension du balayage à une classe d'ensembles ($\mathcal{E}$) possédant les propriétés suivantes :

1° L'ensemble $\mathcal{E}$ borné est la somme d'une infinité d'ensembles fermés E_1, E_2, ... dont chacun contient le précédent et tels que le voisinage de tout point régulier d'un E_n ne contienne pas de points de $\mathcal{E} - E_{n+p}$ à partir d'un certain p.

2° Tout ensemble fermé de $\mathcal{E}$ est contenu dans un E_n.

On démontre, par des considérations élémentaires, qu'étant donnée une distribution μ positive dans l'espace, de potentiel v borné sur $\mathcal{E}_0$ (fermeture de $\mathcal{E}$), il existe une distribution ν sur $\mathcal{E}_0$, de potentiel V égal à la limite des potentiels v_n des masses de μ balayées sur les E_n, indépendante de la suite des E_n et telle que $V = v$ aux points réguliers de $\mathcal{E}$, qui sont ceux des E_n. Sa masse c, appelée *masse de μ balayée sur $\mathcal{E}$*, est égale à la borne supérieure des masses balayées sur les ensembles fermés de $\mathcal{E}$. Nous nous proposons de trouver ultérieurement les conditions qui assurent *l'unicité absolue* de ν, non nécessaire ici.

Dans le cas où c est la capacité de $\mathcal{E}$, ν est, par définition, la distribution capacitaire sur $\mathcal{E}$ et V son potentiel.

On a, tout d'abord, le *critère* suivant qui *généralise* celui de MM. Keldych-Lavrentieff-Brelot :

Soient F un ensemble fermé borné, P un de ses points, Γ_n la sphère de centre P et de rayon λ^n ($\lambda < 1$), $\mathcal{E}_n$ la position du complémentaire Ω de F comprise (au sens large) entre les sphères Γ_n et Γ_{n-1}, c_n *la masse balayée sur* $\mathcal{E}_n$ d'une distribution positive μ de l'espace de potentiel v borné au voisinage de P.

Le point P *est stable ou instable selon que la série*

$$\sum \frac{c_n}{\lambda^n}$$

diverge ou converge.

---

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 249.

On pourra, par exemple, prendre pour c_n la masse de Green sur $\mathcal{E}_n$ relative à un pôle différent de P, obtenue au moyen de l'extension, ci-dessus, du balayage.

Voici maintenant un *critère de stabilité*, analogue à celui donné par M. de La Vallée Poussin pour la régularité ([1]), qui s'y trouve généralisé.

μ étant la distribution générale précédente, désignons par v_ρ la masse de μ balayée sur $\gamma_\rho\Omega$, partie commune à Ω et à la sphère γ_ρ de centre P *et de rayon* ρ.

Si P *est stable, cela équivaut à*

$$v_\rho(\mathrm{P}) = v(\mathrm{P}),$$

quel que soit ρ.

Si P *est instable, cela équivaut à*

$$\lim_{\rho \to 0} v_\rho(\mathrm{P}) = 0.$$

La définition de la stabilité est étendue par surcroît à tout point de F.

On peut également *interpréter* ce critère comme *l'extension de celui généralisé de M. de La Vallée Poussin à la régularité d'un point frontière d'un ensemble ouvert* P.

On sait en effet ([2]) que P est stable ou instable suivant qu'il est régulier ou irrégulier ([3]) pour l'ensemble $\Omega + \mathrm{P}$.

Enfin, voici comment on peut donner un *critère de stabilité* analogue à celui déjà généralisé (Note citée) de M. de La Vallée Poussin pour la régularité et qui généralisait celui de Wiener.

μ étant la distribution générale précédente, soient $\mathcal{E}_1$, $\mathcal{E}_2$, ... une suite d'ensembles de la classe ($\mathcal{E}$) appartenant au complémentaire Ω de F, *astreints à la même condition que les ensembles* T_n *de M. de La Vallée Poussin et tels que leur somme contienne Ω dans le voisinage de* P.

Si u_n est le potentiel de la masse de μ balayée sur $\mathcal{E}_n$, le point P *est stable ou instable selon que la série*

$$u_1(\mathrm{P}) + u_2(\mathrm{P}) + \ldots$$

diverge ou converge.

Interprétation de ce critère analogue à la précédente.

On peut prendre pour u_n le potentiel capacitaire de $\mathcal{E}_n$ ou celui de la masse de Green sur $\mathcal{E}_n$ relative à un pôle différent de P, etc.

Ne pas confondre la régularité d'un point frontière d'un ensemble ouvert Ω avec celle dont il est question dans le problème de Dirichlet généralisé, car celle-ci s'applique au complémentaire fermé de Ω.

([2]) BRELOT, *Bull. des Sc. Math.*, 63, 2e série, 1939, p. 32.

([3]) DE LA VALLÉE POUSSIN, *Bull. Acad. belge*, 5e série, 24, 1938, pp. 348 et 672.

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur dans le Sud-Ouest de la France pendant l'année* 1941, *effectuées en mars-avril-mai* 1941. Note de M. **Raoul Goudey**, présentée par M. Georges Perrier.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de l'intensité de la pesanteur déterminées du 25 mars au 9 mai 1941 en un certain nombre de stations situées dans le Sud-Ouest de la France.

Les mesures ont été effectuées au moyen des deux gravimètres Holweck-Lejay n°s 518bis et 651.

Les anomalies sont calculées au moyen de la pesanteur normale γ'_0 donnée par la formule internationale. Les stations inscrites en italiques sont des stations répétées, soit au cours de la présente campagne, soit au cours de campagnes précédentes; les altitudes inscrites en italiques, provenant d'un nivellement barométrique unique ou d'une estimation d'après une carte, peuvent être erronées de 5^m. La différence $g_1 - g_2$ exprime, en milligals, la différence des valeurs de « g observé » fournies respectivement par les pendules 651 et 518bis.

Les valeurs de g sont rapportées à la station de référence de Toulouse où $g = 980,437$ gals.

La correction de Bouguer a été calculée avec la densité uniforme 2,67; la correction topographique n'a pas été faite.

Mesures de l'intensité de la pesanteur faites avec les pendules Holweck-Lejay n°s 518bis et 651.

Date. 1941.	Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g observé.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	g_1-g_2.
		° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals
25 mars	*Bagnères-de-Bigorre*	0 8,6 E	43 3,8	560	980,288	980,461	980,398	980,455	+ 6	—57	+ 1
26 »	*Tarbes*	0 4,0	14,0	311	356	452	417	470	—18	—53	+ 2
26 »	Vic-en-Bigorre	0 3,1	23,2	218	402	469	445	484	—15	—39	+ 2
27 »	Marciac	0 9,8	31,6	153	436	483	466	497	—14	—31	— 1
27 »	Montesquiou	0 19,7	34,8	210	430	495	471	501	— 6	—30	+ 1
28 mars	*Mirande*	0 23,9 E	43 31,1	168	980,432	980,484	980,465	980,496	—12	—31	+ 4
28 »	*Auch*	0 35,1	38,8	166	446	497	479	507	—10	—28	— 2
29 »	Jégun	0 27,8	45,6	213	458	524	500	518	+ 6	—18	+ 2
29 »	Lavardens	0 30,6	45,7	208	459	523	500	518	+ 5	—18	+ 2
30 »	Saint-Lary	0 30,0	43,3	173	459	512	493	514	— 2	—21	— 1
31 mars	*Fleurance*	0 39,9 E	43 51,1	94	980,492	980,521	980,510	980,526	— 5	—16	+ 1
31 »	*Lectoure*	0 37,4	56,1	182	478	534	514	533	+ 1	—19	+ 1
1 avril	Terraube	0 32,9	54,5	*195*	476	536	514	531	+ 5	—17	+ 1
1 »	Le Mas d'Auvignon	0 30,2	53,5	*230*	467	538	512	529	+ 9	—17	+ 1
1 »	Saint-Puy	0 27,6	52,6	*181*	474	530	510	528	+ 2	—18	— 4
2 avril	*Castéra-Verduzan*	0 26,0 E	43 48,4	121	980,487	980,524	980,511	980,522	+ 2	—11	— 2
2 »	*Auch*	—	—	—	448	499	481	507	— 8	—26	+ 1
3 »	Roquelaure	0 34,7	43,3	220	450	521	495	514	+ 7	—19	+ 2
3 »	*Montestruc*	0 37,5	47,8	103	482	514	502	521	— 7	—19	+ 2
4 »	*Fleurance*	—	—	—	489	518	507	526	— 8	—19	— 2
4 avril	Réjaumont	0 32,9 E	43 49,0	*173*	980,472	980,525	980,506	980,523	+ 2	—17	—
5 »	*Condom*	0 22,4	57,6	86	504	531	521	536	— 5	—15	0
5 »	*Valence-sur-Baïse*	0 22,8	53,0	119	488	525	512	529	— 4	—17	0
7 »	*Vic-Fezensac*	0 18,0	45,6	123	477	515	501	518	— 3	—17	— 1
7 »	Rozes	0 22,5	48,8	181	472	528	508	522	+ 6	—14	— 5
7 avril	Bézolles	0 21,2 E	43 49,6	171	980,473	980,526	980,507	980,524	+ 2	—17	0
8 »	*Eauze*	0 5,4	51,8	165	476	527	509	527	0	—18	+ 1
8 »	Gondrin	0 14,3	53,3	187	474	532	511	529	+ 3	—18	— 8
9 »	La Sauvetat	0 31,5	51,2	224	466	535	510	526	+ 9	—16	0
17 »	*Fleurance*	—	—	—	491	520	509	526	— 6	—17	0
17 avril	Cézan	0 29,8 E	43 48,8	*200*	980,465	980,527	980,504	980,522	+ 5	—18	— 2
17 »	Fontaine-Chaude	0 29,3	47,3	*129*	485	525	510	520	+ 5	—10	— 3

Date. 1941.	Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g observé.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	g_1-g_2.
		° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals
18 avril	Castéra-Vieux	0 26,2	47,9	*175*	472	526	506	521	+ 5	—15	+ 4
18 »	Saint-Paul-de-Baïse	0 22,4	45,6	*181*	463	519	499	518	+ 1	—19	— 3
18 »	*Vic-Fezensac*	–	–	–	474	512	498	518	— 6	—20	— 2
19 avril	*Vic-Fezensac*	–	–	–	980,473	980,511	980,497	980,518	— 7	—21	+ 1
19 »	Gabarret	0 0,6 E	43 59,2	155	486	534	517	538	— 4	—21	— 1
20 »	*Cazaubon*	0 4,4 W	56,0	141	479	523	507	533	—10	—26	0
21 »	Barbottan	0 2,7	57,1	123	496	534	520	535	— 1	—15	— 3
21 »	Castelnau-d'Auzan	0 5,0 E	57,1	149	488	534	517	535	— 1	—18	0
22 avril	Mauvezin d'Armagnac	0 7,2 W	43 57,2	*96*	980,497	980,527	980,516	980,535	— 8	—19	0
22 »	Lagrange	0 6,0	58,3	109	497	531	519	537	— 6	—18	— 2
23 »	Betbezer	0 10,3	58,7	117	496	532	519	537	— 5	—18	0
23 »	La Bastide d'Armagnac	0 11,2	58,1	94	495	524	513	536	—12	—23	— 1
23 »	Saint-Justin	0 13,9	59,0	91	501	529	519	538	— 9	—19	+ 2
24 avril	Estigarde	0 8,5 W	44 1,7	134	980,499	980,540	980,525	980,542	— 2	—17	— 2
24 »	Vielle-Soubiran	0 11,2	2,7	120	501	538	525	543	— 5	—18	+ 3
24 »	Saint-Gor	0 14,6	3,3	118	503	539	526	544	— 5	—18	+ 1
25 »	Saint-Martin	0 16,0	44 0,8	85	510	536	527	540	— 4	—13	— 1
25 »	Créon d'Armagnac	0 6,5	43 59,8	148	494	540	523	539	+ 1	—16	— 4
26 avril	Herré	0 1,5 W	44 0,5	151	980,492	980,539	980,522	980,540	— 1	—18	— 1
26 »	Estampon	0 4,9	4,4	140	499	542	526	546	— 4	—20	+ 1
28 »	Sarbazan	0 18,7	44 1,2	84	508	534	525	541	— 7	—16	— 2
28 »	Douzevielle	0 16,0	43 59,5	*107*	501	534	522	538	— 4	—16	+ 2
29 »	Villeneuve-de-Marsan	0 18,4	53,8	82	495	520	511	530	—10	—19	+ 1
29 avril	*Estang*	0 6,3 W	43.52,0	102	980,484	980,516	980,504	980,527	—11	—23	+ 3
30 »	*Eauze*	–	–	–	475	526	508	527	— 1	—19	+ 1
30 »	Bretagne d'Armagnac	0 8,3 E	53,2	*164*	477	528	510	529	— 1	—19	+ 2
30 »	Lagraulet	0 12,7	54,2	*173*	476	529	510	530	— 1	—20	+ 1
1 mai	*Montréal-du-Gers*	0 12,0	57,1	110	493	527	515	535	— 8	—20	+ 2
1 mai	Fources	0 13,8 E	43 59,6	64	980,507	980,527	980,520	980,539	—12	—19	— 1
1 »	*Condom*	–	–	–	504	531	521	536	— 5	—15	+ 2
2 »	Larressingle	0 18,5	56,5	148	489	535	518	534	+ 1	—16	0
3 »	Mouchan	0 17,7 E	54,2	89	497	525	515	530	— 5	—15	— 1
3 »	Campagne d'Armagnac	0 0,2 W	51,9	*117*	482	518	505	527	— 9	—22	+ 1
3 mai	*Estang*	–	–	–	980,484	980,516	980,504	980,527	—11	—23	— 3
5 »	Le Frèche	0 14,5 W	43 55,9	101	494	525	514	533	— 8	—19	— 1
5 »	Pouydesseaux	0 19,8	58,1	138	487	530	514	536	— 6	—22	+ 3
6 »	Arthez	0 15,5	53,8	*95*	490	519	508	530	—11	—22	— 2
6 »	Monguilhem	0 10,8	51,4	*83*	488	514	505	526	—12	—21	0
6 mai	Saint-Cricq	0 21,3 W	43 53,5	*60*	980,495	980,514	980,507	980,529	—15	—22	+ 2
7 »	*Nogaro*	0 2,2 W	45,5	110	473	507	495	517	—10	—22	+ 2
7 »	*Vic-Fezensac*	–	–	–	475	513	499	518	— 5	—19	— 3
8 »	Justian	0 18,4 E	48,5	*126*	478	517	503	522	— 5	—19	— 1
8 »	*Auch*	–	–	–	447	498	480	507	— 9	—27	— 1
9 mai	*Saint-Gaudens*	0 43,4 E	43 6,5	404	980,335	980,460	980,415	980,459	+ 1	—44	+ 1

MAGNÉTISME. — *Variation de l'anisotropie magnétique du caoutchouc étiré en fonction de la tension à laquelle il est soumis.* Note de Mme **Eugénie Cotton-Feytis**, présentée par M. Aimé Cotton.

Du point de vue de son anisotropie magnétique, le caoutchouc étiré est assimilable, en première approximation, à un cristal uniaxe, la direction de l'axe étant celle de l'allongement. On peut mesurer cette anisotropie en utilisant la méthode d'oscillation employée par Krishnan dans le cas des cristaux (*Phil. Trans.* A, 231, p. 235). L'échantillon étudié est suspendu dans un champ magnétique uniforme horizontal, de manière que son *axe* soit horizontal. On s'arrange de façon que la torsion du fil de suspension soit nulle quand le caoutchouc occupe sa position d'équilibre dans le champ, et on note les durées d'oscillation T′ et T pour de très petits déplacements angulaires autour de cette position, en présence puis en l'absence du champ. On obtient la diffé-

rence $\Delta\chi$ entre les susceptibilités spécifiques suivant l'axe et suivant la direction horizontale perpendiculaire à l'axe en appliquant la formule

$$\Delta\chi = \frac{c}{m\mathrm{H}^2}\,\frac{\mathrm{T}^2 - \mathrm{T}'^2}{\mathrm{T}'^2} = \frac{c}{m\mathrm{H}^2}\left(\frac{\mathrm{T}^2}{\mathrm{T}'^2} - 1\right),$$

dans laquelle c est le couple de torsion du fil de suspension, H le champ, m la masse de l'échantillon étudié.

Pour mesurer, à l'aide de cette méthode, l'anisotropie d'un échantillon de caoutchouc soumis à une tension connue, on enroule, aussi uniformément que possible, un bracelet autour d'un diamètre d'un disque rigide ([1]). Le disque, muni du caoutchouc, est alors suspendu dans le champ magnétique uniforme horizontal, son propre plan étant aussi horizontal. Si le disque est isotrope, l'anisotropie mesurée est due uniquement au caoutchouc, et l'on peut voir comment elle varie avec le nombre de tours. On détermine ensuite la valeur des poids F qu'il faut suspendre au bracelet pour lui donner les longueurs correspondant aux différents nombres de tours.

Nombre de tours.	Longueur.	F.	T.	T'.	$\mathrm{T}^2/\mathrm{T}'^2$.
	Caoutchouc n° 1 sur disque de verre.				
	cm	g	s	s	
2.......	9,92	56	85	6,2	188
3.......	13,88	120	–	5,6	230
4.......	19,84	215	–	5,0	289
5.......	23,80	280	–	4,9	301
6.......	29,76	380	–	4,8	313
	Caoutchouc n° 1 sur disque de plexiglas.				
	cm	g	s	s	
1.......	9,0	40	400	18,7	45,7
2.......	18,0	200	–	17,0	55,3
3.......	27,0	305	–	15,3	68,6
4.......	36,0	470	–	15,2	69,2
	Caoutchouc n° 2 sur disque de plexiglas.				
	cm	g	s	s	
3.......	27,0	360	400	10,9	135
4.......	36,0	600	–	9,4	182
5.......	45,0	820	–	8,7	210
6.......	54,0	960	–	8,7	210

Caoutchouc n° 1...........	$m = 0^{\mathrm{g}},100$	$l = 8^{\mathrm{cm}},3$	
» n° 2...........	0,950	18,8	
Disque de verre...........	$\mathrm{M} = 2^{\mathrm{g}},05$	$d = 2^{\mathrm{cm}},3$	$e = 0^{\mathrm{cm}},18$
» plexiglas........	7,47	4,0	0,5

Les mesures ont été faites dans un champ de 23000 gauss, en utilisant des disques de verre non trempé et un disque de plexiglas bien exempt de biréfringence, mis à notre disposition par M. Boutry. Tous les échantillons de caoutchouc nous ont été obligeamment fournis par l'Institut français du Caoutchouc. Dans chaque série d'expériences, les quantités c, m et H demeu-

([1]) A la vérité, le disque comprimé par le caoutchouc n'est plus tout à fait isotrope et il faudrait en tenir compte dans des mesures plus précises.

rant constantes, il suffit de comparer les valeurs des expressions $T^2/T'^2 - 1$, et comme T est grand par rapport à T', les rapports T^2/T'^2 doivent être eux-mêmes sensiblement proportionnels aux anisotropies. Le tableau ci-dessus résume quelques-uns des résultats obtenus.

Ce tableau montre que l'anisotropie grandit d'abord avec le nombre de tours pour tendre ensuite vers une limite. Il est vraisemblable que l'anisotropie grandit au fur et à mesure que les chaînes moléculaires s'orientent parallèlement sous l'effet de l'étirement. Quand l'anisotropie atteint son maximum, c'est sans doute que toutes les chaînes sont devenues parallèles. Une tension supplémentaire peut bien produire ensuite un nouvel allongement, mais les chaînes ne changeant plus de direction, l'anisotropie n'est plus modifiée.

Il est intéressant de noter que la courbe de variation de l'anisotropie magnétique avec la tension a la même allure que la courbe de variation de l'intensité des taches de diffraction des diagrammes de rayons X avec la tension. Je me propose de mesurer l'anisotropie magnétique d'éprouvettes de caoutchouc déjà étudiées au moyen des rayons X pour comparer les deux méthodes d'investigation.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Sur la fréquence des dissociations ioniques des ions complexes binaires en solution aqueuse.* Note de M. **Raymond Daudel.**

Généralités. — On admet depuis longtemps qu'il y a intérêt à supposer que tout ion complexe en solution est en équilibre avec les ions simples qui lui correspondent

$$[A_nB_m]^{+\alpha} \underset{k_1}{\overset{k_2}{\rightleftarrows}} nA^{+p} + mB^{+q}.$$

On peut quelquefois déterminer la constante $k = k_1/k_2$, mais il est rarement possible de déterminer la fréquence des dissociations et des reformations de l'ion, pour des raisons que nous avons déjà rappelées précédemment.

Il est même difficile d'avoir un ordre de grandeur de cette fréquence; un complexe très parfait par exemple se mettant instamment à l'équilibre sans qu'on puisse le plus souvent savoir si cette rapidité est due à une grande fréquence de dissociation ou à la petitesse du coefficient de dissociation.

Nous avons étudié ce problème à l'aide de la méthode que nous avons exposée dans notre dernière Note (1), avec la collaboration de Mlle Pascaline Salzédo.

Voici les résultats expérimentaux :

Données de l'expérience. — 1° On observe un échange entre les cuprobromures et les bromures, le tellurohexaiodure de potassium et l'iodure de potassium, le bismuthotétraiodure de potassium et les iodures, le mercuritétraiodure de potassium et les iodures.

(1) R. Daudel, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 177.

Tous ces échanges sont totaux en moins de quelques minutes et s'opèrent entre des atomes dans des états de valence analogues. Mais nous avons pu mettre en évidence une réaction d'échange entre deux ions de valences différentes; les cuprobromures échangent en effet totalement leur cuivre avec celui du sulfate cuivrique en un temps court :

$$Cu^{+} + \overset{*}{C}u^{++} \rightarrow Cu^{++} + \overset{*}{C}u^{+}.$$

D'ailleurs, dans les classiques réactions d'échange entre les halogènes et les halogénures, il y a aussi un certain changement de valence (passage de la covalence 1 à l'électrovalence — 1);

2° Par contre, on sait que l'iode n'échange pas avec les iodates.

Il en va de même pour les chlorates et les perchlorates avec le chlore et les chlorures, les bromates avec le brome et les bromures, les periodates avec l'iode, les orthoantimoniates avec les thioantimoniates.

Interprétation. — 1° Les échanges rapides observés avec les ions

$$CuBr_3^{-2},\quad CuBr_2^{-},\quad TeI_6^{-2},\quad BiI_4^{-},\quad HgI_4^{-2}$$

ne peuvent se comprendre qu'en admettant que ceux-ci se détruisent et se reforment avec une très grande fréquence au sein des solutions. Le fait que les ions

$$ClO_4^{-},\quad ClO_3^{-},\quad BrO_3^{-},\quad IO_4^{-},\quad IO_3^{-},\quad SbO_4^{-3}$$

ne donnent pas lieu à de telles réactions semble montrer qu'ils ne se dissocient qu'avec une faible fréquence (les différences des valences entre l'ion proposé en échange de l'élément correspondant du complexe et celui-ci semblant rester sans influence, comme nous l'avons vu).

2° Seuls les ions qui ne se dissocient pas avec une grande fréquence peuvent servir dans la mise en évidence de l'effet Szilard. Nous reconnaissons bien en fait, parmi ceux-là, ceux qui ont été utilisés dans ce but [2].

3° Les autres ions semblent se rattacher à la famille de ceux qui nécessitent la notation de Werner, c'est-à-dire ceux pour lesquels la seule notion de covalence est insuffisante. Mais nous estimons qu'il serait prématuré de penser que les grandes fréquences de dissociation sont l'apanage des ions renfermant des coordinances lorsque ceux-ci sont binaires, car des complexes d'un type voisin de ceux-ci ont déjà été utilisés avec succès lors de l'effet Szilard.

4° On fait quelquefois l'hypothèse que les ions complexes réagissent seulement par l'intermédiaire des ions simples qui leur font équilibre. Cette hypothèse n'est pas soutenable dans le cas des ions qui donnent lieu à des réactions chimiques rapides, quoique leur dissociation se fasse avec une faible fréquence.

---

[2] Voir notamment :

1° Amaldi, d'Agostino, Fermi, Pontecorvo, Rasetti et Segré, *Proc. Roy. Soc.*, **149**, 1935, pp. 522-558;

2° R. Daudel, *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 479-481;

3° R. Daudel, *ibid.*, **214**, 1942, pp. 545-547.

Nous avons d'ailleurs vérifié par exemple qu'au premier stade de la réaction

$$2H^2O + 2IO^4K + 2I^2Ca \rightarrow (IO^3)^2Ca + Ca(OH)^2 + 2KOH + 2I_2,$$

les ions IO_3^- proviennent tous des ions IO_4^-.

Pour les autres cette manière de voir est commode, mais il semble bien qu'en général un ion complexe agisse à la fois en entier et par l'intermédiaire de ses ions simples, l'un ou l'autre de ces deux mécanismes pouvant, suivant les cas, acquérir plus ou moins d'importance.

Il y a lieu de remarquer que les ions qui se dissocient avec une grande fréquence correspondent à des ions simples stables dans l'eau (Hg^{+2}, I^-, Bi^{+3}, ...). Autrement dit ils contiennent un élément dans un état électropositif et un autre dans un état électronégatif. On comprend ainsi qu'au cours du temps les négatons des coordinances et des covalences prennent souvent des configurations analogues à celles que l'on rencontre dans les électrovalences et que, par conséquent, les dissociations soient fréquentes au sein d'un milieu à grand pouvoir inducteur spécifique.

Les autres ions assemblent au contraire en général des éléments à tendances analogues (électronégatives) et renferment un élément ayant une grande tendance à former des liaisons homopolaires (l'oxygène).

Ils correspondent à des ions simples inconnus en solution

$$I^{+7},\ I^{+5},\ Cl^{+7},\ Cl^{+5},\ Br^{+5},\ Sb^{+5}.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'ω-hydroxybutanal.* Note de M. **Raymond Paul**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le pentanetriol-1.2.5 pouvant s'obtenir actuellement sans grandes difficultés [1], on a voulu voir dans quelles conditions il était possible d'utiliser ce triol à la préparation de l'aldéhyde ω-hydroxybutyrique et de ses dérivés.

Les réactions utilisées dans ce but sont classiques; elles s'effectuent avec des rendements convenables, comme on peut en juger d'après la description que nous donnons ci-dessous de la préparation du benzyloxy-4 butanal, $C^6H^5.CH^2.O.CH^2.CH^2.CH^2.CHO$.

On bloque d'abord les deux hydroxyles vicinaux du pentanetriol-1.2.5, en transformant celui-ci en isopropylidènedioxy-1.2 pentanol-5, soit par la méthode de Fischer (Rdt 90 %) [2], soit par la technique plus rapide de Smith et Lindberg (Rdt 82 %) [3].

L'isopropylidènedioxy-1.2 pentanol-5 ($É_{12}$ 117-118°; N_D^{10} 1,44511; D_{15}^{10} 1,029) est alors sodé par l'amidure de sodium en milieu toluénique, et le dérivé sodé ainsi obtenu est condensé avec le chlorure de benzyle, à la température

(1) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1941, p. 911.

(2) Fischer et Pfahler, *Ber. d. Chem. Ges.*, 53, 1920, p. 1606.

(3) *Ber. d. Chem. Ges.*, 64, 1931, p. 505.

d'ébullition du toluène. On isole avec un rendement de 72 % l'isopropylidène dioxy-1.2 benzyloxy-5 pentane

$$C^6H^5.CH^2.O.CH^2.CH^2.\underset{|}{C}H\text{———}\underset{|}{C}H^2$$
$$O\text{—}C(CH^3)^2\text{—}O$$

C'est un liquide incolore, insoluble dans l'eau et bouillant à 170-171° sous 11^{mm} (N_D^7 1,4964; D_{15}^7 1,034). En l'hydrolysant à 40° par l'acide sulfurique N/4, on obtient le benzyloxy-5 pentanediol-1.2 ($É_5$ 188-190°; $D_{15}^{8,5}$ 1,101; $N_D^{8,5}$ 1,5270; Rdt quantitatif). Ce même éther peut d'ailleurs se préparer directement par action du chlorure de benzyle sur le pentanetriol monosodé (¹); il est alors très difficile de le séparer de son isomère, le benzyloxy-1 pentanediol-2.5 qui se forme également; mais la présence de ce dernier composé ne gêne nullement la suite des réactions.

On oxyde ensuite par le tétracétate de plomb, le benzyloxypentanediol-5.1.2, en solution éthérée; la réaction se fait très rapidement à la température ordinaire, et, après neutralisation de l'acide acétique par un léger excès d'oxyde de plomb, on isole sans difficultés l'aldéhyde ω-benzyloxy-butyrique avec un rendement de 84 % ($É_{10}$ 143°; N_D^8 1,50910; D_{15}^8 1,042).

Quelques dérivés de cet aldéhyde ont été préparés : la *p*-nitrophénylhydrazone (PF 88°) et la dinitro-2.4 phénylhydrazone (PF 94-95°).

En oxydant le benzyloxy-4 butanal par l'oxyde d'argent, on obtient facilement le benzyloxy-4 butyrate d'argent, incolore, très peu soluble dans l'eau froide et dans l'alcool, fusible à 200°.

Chloro-4 butanal, $ClCH^2.CH^2.CH^2.CHO$. — Pour préparer cet aldéhyde, on a oxydé par le tétracétate de plomb, en milieu éthéré, le mélange de chloro-5 pentanediol-1.2, et de chloro-2 pentanediol-1.5, qu'on obtient dans l'action du chlorure d'acétyle sur l'époxy-1.4 pentanol-5. La même oxydation a été faite également à l'aide du periodate de sodium, mais sans grand avantage.

Le chloro-4 butanal, liquide incolore, d'odeur pénétrante, plus agréable que celle du butanal, bout à 50-51° sous 13^{mm} ($D_{15}^{8,5}$ 1,107; $N_D^{8,5}$ 1,44662); il semble se polymériser assez facilement sous l'action de la chaleur; *p*-nitrophénylhydrazone, PF 110°; dinitro-2.4-phénylhydrazone, PF 134-135°. Son oxime (PF 74°,5), chauffée vers 100° avec un peu de nickel de Raney, se transpose en chloro-4 butyramide : $ClCH^2.CH^2.CH^2.CONH^2$ (PF 99-100°).

Hydroxy-4 butanal, $HO.CH^2.CH^2.CH^2.CHO$. — En oxydant par le tétracétate de plomb le pentanetriol-1.2.5 en suspension dans l'éther anhydre, on obtient facilement l'aldéhyde ω-hydroxybutyrique ($É_{10}$ 65-68°) déjà signalé par Helferich. Sa dinitro-2.4 phénylhydrazone fond à 104°; son oxime, liquide, bout à 147° sous 12^{mm} (D_{15}^{12} 1,109; N_D^{12} 1,48043).

Réduit par l'amalgame d'aluminium, l'ω-hydroxybutanal réagit sous sa forme linéaire et conduit au butanediol-1.4 avec un rendement de 57 %.

(¹) R. PAUL, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 493.

L'oxyde d'argent, employé en excès, est réduit dès la température ordinaire, en donnant l'hydroxy-4 butyrate d'argent (P F 178-180°).

Sous l'actiou du méthanol, renfermant 1 % d'acide chlorhydrique, l'ω-hydroxybutanal réagissant sous sa forme cyclique fournit, avec un très mauvais rendement d'ailleurs, le méthoxy-2 tétrahydrofuranne ($É_{760}$ 105-107°; D_{15}^{14} 0,972; N_D^{14} 1,41316).

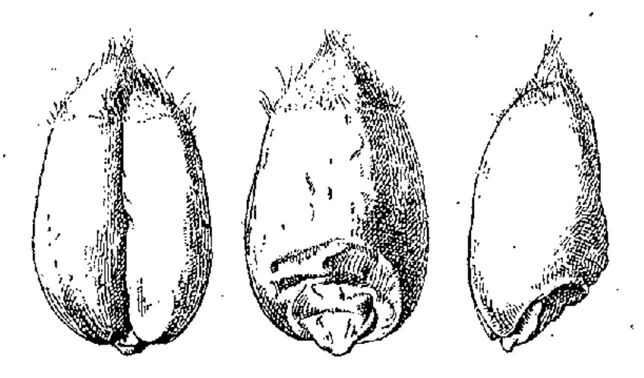
GÉNÉTIQUE. — *Modification des grains dans l'Hybride de blé* Monococcum × Vulgare. Note de M. **Kuo-Chun Chin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

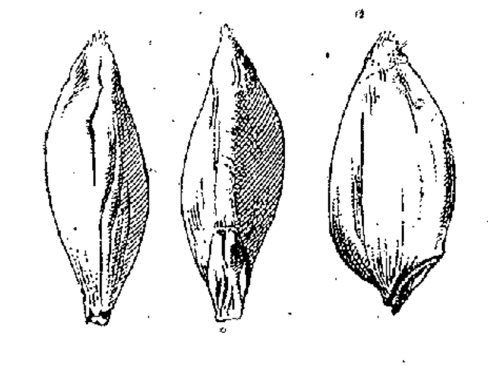
En 1936, nous avons obtenu deux grains de blé par l'hybridation de *Tr. Monococcum* var. *vulgare* avec *Tr. vulgare* var. *Hybride de la Paix* (¹).

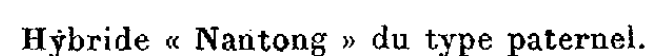
Au point de vue économique, rural et phylogénétique, l'hybride *Monococcum vulgare* occupe une place très importante dans l'actualité scientifique et agronomique, car le *Tr. Monococcum* est connu pour sa résistance aux attaques de rouille et ses hybrides possèdent le même caractère. L'hybride *Monococcum vulgare* offre la possibilité de la formation de nouveaux caryotypes, que D. Kostoff (*Rev. de Botanique appliquée et d'Agronomie coloniale*, 1936, pp. 249-254) a déjà signalés en en soulignant l'importance.

Ayant poursuivi pendant sept ans la culture de cet hybride de *Monococcum*

Hybride de la Paix (père). *Triticum Monococcum* n° 1 *vulgare* (mère).

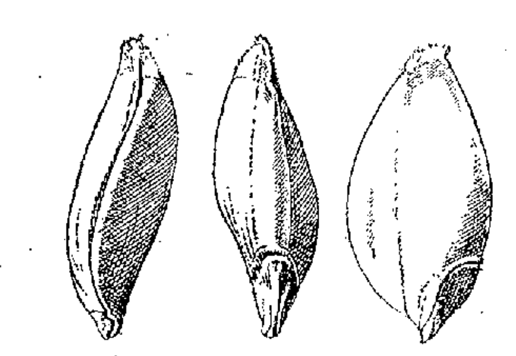






Hybride « Berthelot » du type maternel.





Aspects des grains des parents et des hybrides dérivés dont les caractères sont suivis depuis six générations à la Station Berthelot.

vulgare, nous avons obtenu des preuves très nettes de la constance des grains à toutes les générations. Voici l'essentiel de nos observations :

Les grains ou caryotypes de *Tr. Monococcum* var. *vulgare*, mère de notre

(¹) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1141; **209**, 1939, pp. 240-242.

hybride, sont jaunâtres, d'apparence presque cornée, assez semblables à un grain de riz lorsqu'il est seul dans l'épillet; tendre, il donne une farine très blanche. Ses grains aplatis mesurent environ 7^{mm} de long, 1,8 à 2^{mm} de large et 3^{mm} d'épaisseur. L'embryon est carré au sommet et à la base, très long et assez étroit; il possède une houppe de poils assez longs et peu nombreux. Le sillon longitudinal est peu profond, discontinu, presque coupé au milieu de la partie ventrale. Il est caractéristique de l'espèce *Monococcum*.

Les grains de l'*Hybride de la Paix*, père de notre hybride, sont jaunes, gros, pleins. Ils mesurent environ 7 à 8^{mm} de long, 4,5 à 5^{mm} de large et 3,5 à 4^{mm} d'épaisseur. L'embryon est arrondi au sommet et à la base, assez court et très large. Les poils de la houppe sont assez longs et abondants. Le sillon est profondément enfoncé dans le grain, comprimé entre les bosses ventrales renflées, arrondies; le dos du grain est bossu, tous caractères de *Tr. vulgare*.

Chez l'hybride, le grain a subi de profondes modifications. Chez le type maternel, auquel nous donnons le nom de *Berthelot*, la couleur du grain est intermédiaire entre celle des deux parents. Les grains mesurent 7,50-8^{mm} de long; ils sont donc un peu plus longs que ceux de la mère et à peu près de la taille de ceux du père. La largeur demeure à peu près sans modification, mais l'épaisseur est nettement modifiée, elle est plus grande que celle de la mère, à peu près égale à celle du père. L'embryon est arrondi au sommet, mais carré à la base, assez large dans sa partie centrale; la forme est intermédiaire entre celle des deux parents. Les poils de la houppe très courts et peu nombreux, différents de ceux des parents. Le sillon est continu et courbé, différent du sillon maternel avec bosses ventrales assez renflées. Le dos du grain est bossu; il contient de l'albumen du type *vulgare*.

Les grains de l'hybride de type paternel, auquel nous donnons le nom de *Nantong*, sont de couleur intermédiaire entre les couleurs des parents. Ils ont 7,5 à 7^{mm},8 de long 3,3 à 3^{mm},8 de large, ils sont donc beaucoup moins larges que ceux de leur père et se rapprochent de ceux de leur mère. Les poils de la houppe, assez courts et abondants, rappellent plutôt les poils de la mère qui sont assez courts. Le sillon est droit et assez profond avec bosses ventrales renflées et arrondies; le dos est bossu.

En conclusion, nous pouvons dire que, si l'aspect général des descendants chez l'hybride et ses parents n'est pas très différent de celui des ascendants, de grandes modifications sont à noter dans les grains, et nous en étudions les causes anatomiques.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur l'action de la vitamine* C *dans la respiration de la cellule vivante*. Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nos premières recherches sur la vitamine C n'ont pas fait apparaître la possibilité d'une intervention de cette vitamine dans les oxydations cellu-

laires (¹). Les types cellulaires examinés avaient été choisis surtout dans le règne végétal. Nous avons poursuivi les recherches en prenant comme objets d'étude des cellules animales variées. La technique utilisée est analogue à celle qui a été employée précédemment (¹). Les solutions d'acide ascorbique sont toujours préparées au moment même de leur utilisation. Un fragment microscopique de tissu vivant est partagé en deux parties égales. L'une de ces parties est placée dans une goutte de solution Ringer, l'autre dans une goutte de solution Ringer contenant 1/10000 d'acide ascorbique. Après un séjour de 8 minutes, la même quantité du même leucodérivé est ajoutée à chacune des deux préparations, afin de mettre en évidence le pouvoir oxydant intracellulaire. Les tissus examinés ont été choisis parmi des organismes animaux divers.

Escargot. — Les cellules musculaires du pied et les cellules de l'intestin ont été étudiées avec les leucodérivés des substances suivantes : phénosafranine, rouge neutre, bleu de Nil, bleu de crésyl, bleu de méthylène. Les résultats sont variables suivant les individus traités. Dans la plupart des cas, le résultat obtenu est négatif, mais, dans quelques expériences, l'action de l'acide ascorbique a augmenté nettement le pouvoir d'oxydation intracellulaire. Ce fait a été constaté sur le tissu musculaire, ou sur les cellules de l'intestin d'une dizaine d'individus, par l'un ou l'autre des leucodérivés énumérés plus haut Il faut remarquer, d'ailleurs, que le même individu peut parfaitement donner une réaction positive pour l'un de ses tissus et une réaction négative pour l'autre. Le pouvoir d'utiliser un supplément de vitamine C pour augmenter le rythme de l'oxydation cellulaire dépend donc, à la fois, de l'individu et de la nature du tissu.

Pour les espèces dont nous allons maintenant parler, le nombre des individus examinés a été moins grand. Chaque type de tissu a été étudié avec un ou plusieurs des leucodérivés énumérés plus haut.

Chez le *Crabe*, les tissus suivants ont été examinés : muscle de la pince et cellules du muscle cardiaque. Les résultats obtenus ont été, en général, négatifs; toutefois, chez deux individus, les cellules musculaires de la pince ont manifesté, après absorption d'acide ascorbique, un pouvoir oxydant nettement plus élevé, qui s'est révélé par leur action sur le leucodérivé du bleu de crésyl et sur le leucodérivé de la phénosafranine. Chez le *Triton*, la présence d'un supplément d'acide ascorbique dans l'un ou l'autre des types cellulaires suivants : cellules de l'encéphale, cellules hépatiques, cellules du muscle cardiaque, cellules intestinales, n'a entraîné aucune modification dans le rythme des oxydations cellulaires; toutefois, parmi les sept individus étudiés, chez l'un d'eux, les cellules intestinales et, chez deux autres, les cellules hépatiques ont eu le pouvoir d'utiliser l'acide ascorbique pour augmenter leur rythme d'oxydation (actions sur le leucodérivé du bleu de

(¹) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 685.

crésyl). Les cellules de l'encéphale et les cellules musculaires de la *Pintade* n'ont manifesté aucun changement dans leur pouvoir d'oxydation par l'action de l'acide ascorbique. Chez la *Poule*, les cellules musculaires de l'aile ont donné un résultat négatif, mais, pour le même individu, les cellules nerveuses de l'encéphale ont donné un résultat positif (leucodérivé du rouge neutre). C'est chez le *Coq* que l'action de l'acide ascorbique s'est manifestée avec le plus d'ampleur. Les cellules musculaires de l'aile et les cellules de l'encéphale ont présenté un pouvoir oxydant nettement plus élevé après l'action de l'acide ascorbique, comme l'ont montré la réaction sur le leucodérivé de la phénosafranine pour le tissu musculaire et la réaction sur le leucodérivé du bleu de crésyl pour le tissu nerveux.

De l'ensemble de nos recherches, il résulte que, d'une façon générale, la cellule vivante n'est pas capable d'utiliser un supplément de vitamine C pour modifier le rythme de sa respiration. Exceptionnellement, ce pouvoir a pu être mis en évidence chez certaines cellules animales, mais les conditions qui le confèrent n'ont pas encore pu être précisées. Le nombre limité des cas pour lesquels la vitamine C a eu une action efficace n'entraîne pas, comme conséquence, l'existence d'un champ d'action assez limité pour cette vitamine, car il est probable que les résultats négatifs obtenus dans nos expériences sont dus à ce que la cellule vivante se trouvant, en général, abondamment pourvue en vitamine C, ce n'est qu'exceptionnellement qu'un supplément d'acide ascorbique peut trouver son utilisation dans le mécanisme des oxydations cellulaires.

Conclusions. — Les expériences décrites ci-dessus montrent que l'acide ascorbique, en pénétrant dans certaines cellules animales vivantes, augmente le rythme des oxydations cellulaires. Ces constatations apportent la preuve directe du rôle de la vitamine C dans la respiration.

A 15ʰ30ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Anatomie et Zoologie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *P. Marchal* :

En première ligne............ M. LOUIS FAGE.

En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*.........
MM. CHRISTIAN CHAMPY,
ROBERT COURRIER,
EMMANUEL FAURÉ-FRÉMIET,
RENÉ JEANNEL,
ÉTIENNE RABAUD.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la séance du mardi 27 octobre.

La séance est levée à 17ʰ.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 OCTOBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison de la séance annuelle des cinq Académies la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 27 octobre au lieu du lundi 26.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la configuration de l'acide a époxy-*2.6 *heptène-*3 *carboxylique-*3. Note de MM. **Marcel Delépine** et **Gaston Amiard**.

Nous nous sommes proposé de déterminer les situations respectives des deux méthyles de l'acide *a* époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 fus. à 91°,5 (I) [1]. Une solution de ce problème eût été de décarboxyler un des acides dihydrogénés correspondants (II) pris sous sa forme optiquement active et de constater si l'oxycarbure (III) qui en résulte était actif ou non. [Il était ici indifférent de partir de l'un ou l'autre des isomères fus. à 92° et 89° déjà décrits [2], puisque l'asymétrie du carbone porteur du carboxyle disparaît.] Cette opération effectuée, d'un oxycarbure actif on eût conclu que les deux méthyles sont en *trans*; d'un inactif, qu'ils sont en *cis*. Malheureusement, cette voie n'a pu être suivie : décarboxylation nulle, soit par chauffage prolongé de l'acide seul ou avec le nickel Raney, soit par chauffage avec le chromite de cuivre, dit 37 K. A. F., dans la quinoléine à 250° pendant 4 heures, ce qui passe pour être une bonne méthode de décarboxylation [3]. D'une expérience préliminaire exécutée avec de l'acide racémique (II), la seule observation qui put être faite, c'est qu'étant partis de l'acide pur fus. à 92°, c'est son isomère fus. à 89° que nous avons recueilli, ce qui concorde avec le fait que la chaleur isomérise le premier acide [2].

Une autre tentative, qui eût consisté à passer de l'amide de l'acide époxy-2.6 heptane carboxylique-3 à l'époxy-2.6 amino-3 heptane, de cette amine à l'alcool et à son ester halogéné avec déshalogénation subséquente, s'est montrée

---

(1) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 413.

(2) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 745.

(3) Voir K. Adler et E. Windemuth, *Ann. der Chem.*, 543, 1939, p. 39.

dès les premiers stades si difficile à mener que nous y avons renoncé, étant donné qu'il eût fallu partir de substances actives.

Ayant constaté enfin que l'acide non saturé (I) se décarboxylait par le chromite de cuivre, nous avons préparé l'époxy-2.6 heptène-3 (IV) actif, puis nous l'avons hydrogéné en présence de platine Adams. Les conclusions devaient être les mêmes que précédemment en partant de l'acide dihydrogéné. Chemin faisant, nous avons dû préparer l'époxy-2:6 heptène-2 actif (VI) pour écarter, par une étude comparative avec son isomère éthylénique en 3, des soupçons possibles sur la pureté de ce dernier.

(7) (6) (5)
$CH^3-CH-CH^2$ (4) — $-CH^2$ — $CH^3-CH-CH^2$ — $-CH^2$
O I CH — II CH^2 — O III CH^2 — IV CH
$CH^3-CH=C-CO^2H$ — $-CH-CO^2H$ — $CH^3-CH=CH^2$ — $=CH$
(1) (2) (3)

$CH^3-CH-CH^2$ — $CH^3-CH-CH^2$ — $CH^3-CH(OH)-CH^2$
O V CH^2 — O VI CH^2 — VII CH^2
$CH^3-C=C-CO^2H$ — $CH^3-C=CH$ — $CH^3-CO-CH^2$

Époxy-2.6 *heptène*-3 (*ou diméthyl*-2.6 *dihydro*-5.6 *pyran*-1.2) $C^7H^{12}O$. — On chauffe pendant 4 heures à 230-240° au bain d'huile 10^g de l'acide (I), anhydre, placé dans un petit ballon tubulé à long col jouant le rôle de reflux avec 2^g de chromite de cuivre dispersé par une agitation vigoureuse dans 25^g de quinoléine récemment distillée, en ayant soin de diriger gaz et vapeurs dégagés dans un récipient refroidi par un mélange d'acétone et de neige carbonique; on recueille $5^g,7$ d'un liquide dont la redistillation fournit $2^g,6$ entre 115 et 116° et $1^g,4$ entre 116 et 117° sous la pression ordinaire. C'est l'oxycarbure (IV); il constitue un liquide incolore, très mobile, très volatil, d'odeur agréable un peu menthée. D_4^0 0,8913; D_4^{20} 0,8712; N_D^{13} 1,4392. $R.M_D$ 33,6; calc. 33,50.

Cette expérience fut faite avec de l'acide racémique pour nous guider dans l'utilisation de l'acide actif dont l'obtention est plutôt laborieuse ([1]). Avec celui-ci pris sous forme dextrogyre ayant $[\alpha]_D + 240°$ (au lieu de 235° indiqué par Delépine et Willemart), nous avons obtenu dans deux opérations différentes des oxycarbures déviant respectivement sous 1^{dm} de 42°,75 et 43°,5 à l'état pur, soit $[\alpha]_D + 48°,8$ et 49°,7, ce qui montre une bonne constance des résultats. Dans l'éther, $[\alpha]_D + 41°,1$ (pour l'échantillon 48°,8). Dispersion : $\lambda 589 = 1$; $\lambda 578$, 1,05; $\lambda 546$, 1,2; $\lambda 492$, 1,43; $\lambda 436$ env. 2,08.

([1]) M. Delépine et A. Willemart, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 153.

En raison de l'emploi d'un catalyseur à température élevée laissant un doute sur la conservation du type de l'acide primitif, puisque Delépine et Horeau ([5]) ont montré que l'acide (I) se change sous l'influence du nickel Raney en l'acide (V) facilement décarboxylable, on pourrait imaginer que l'oxycarbure précédent s'est formé à la suite d'une transposition de (I) en (V). C'est pourquoi nous avons préparé aussi l'acide (V) actif déjà décrit par Delépine et Willemart, afin de le décarboxyler ([6]).

Époxy-2.6 heptène-2 actif (ou diméthyl-2.6 dihydro-5.6 pyran-1.4) $C^7H^{12}O$. — Il suffit, comme l'ont montré Fargher et Perkin avec le racémique ([7]), de chauffer vers 140-150° l'acide (V) actif dans un petit ballon à distillation genre Vigreux pour voir distiller l'oxycarbure (VI). 2^g d'acide actif lévogyre (provenant de l'isomérisation de l'acide *a* dextrogyre) ayant $[\alpha]_D - 267°$ (chlorof., *c* 4,4 %) ont donné $1^g,1$ d'oxycarbure, ayant $\rho_D - 65°7$ sous 1^{dm}, soit $[\alpha]_D - 73°,5$, la densité étant de 0,8935 à 15° (densité prise sur le racémique). Dispersion : pour λ 589, 1 ; pour λ 578, 546, 492, 436, respectivement 1,04, 1,16, 1,40 et 1,77.

Le renversement du pouvoir rotatoire observé avec l'acide se maintient dans l'oxycarbure (VI); il indique suffisamment que la transposition redoutée doit être nulle ou insignifiante. Pour avoir plus de certitude, nous avons examiné l'action de l'eau à chaud sur chacun des corps (IV) et (VI). L'époxy-2.6 heptène-2, comme l'ont indiqué Fargher et Perkin pour le racémique, chauffé en tube scellé à 75° avec 10 fois son poids d'eau pendant 4 heures, donne, dès la première heure, une solution homogène qui contient le céto-alcool (VII), l'heptanol-2 one-6. Nous avons d'abord effectué l'expérience avec le racémique et préparé sa semicarbazone avec le chlorhydrate de semicarbazide et l'acétate de sodium ajouté à la solution provenant du chauffage. La semicarbazone obtenue présente la composition $C^8H^{17}O^2N^3 + 2OH^2$; hydratée, elle fond à 62°; elle perd son eau dans le vide sur l'acide sulfurique et fond alors à 105° (fus. inst.). Perte d'eau, 19,1 au lieu de 19,25; N, 22,35 au lieu de 22,45. Elle est peu soluble à froid dans l'eau, plus à chaud, soluble à froid dans l'alcool éthylique, peu soluble à froid dans le benzène et le chloroforme, insoluble dans l'acétone et l'éther; caractères qui ont guidé pour la préparation de la semi-carbazone active.

Lors de la préparation du céto-alcool actif, nous avons trouvé que celui-ci était très faiblement lévogyre ($[\alpha]_D - 1°,6$ env.); sa semicarbazone est anhydre et fond à 103°; elle est un peu lévogyre, $[\alpha]_D - 15°$ (dans l'eau, *c* 0,03).

En répétant la même expérience avec l'oxycarbure (IV) actif, on n'observa aucune dissolution, et l'eau qui avait été chauffée avec lui ne donna pas trace de semicarbazone; il était donc exempt de son isomère.

([5]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 27.

([6]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 313.

([7]) *J. Chem. Soc.*, **105**, 1914, p. 1353.

Époxy-2.6 heptane (ou diméthyl-2.6 tétrahydropyran) $C^7H^{14}O$. — On a opéré d'abord sur l'oxycarbure (IV) racémique : $3^g,25$ en 25^{cm^3} d'éther sec avec 1^g de platine Adams ont fixé 1^{mol} de H^2 par mol. d'oxycarbure en 17 minutes. On récolte un liquide incolore, très mobile, très volatil, d'odeur plus menthée que celle du corps non saturé. $É_{762}$ 114°; d_4^0 0,8616; d_4^{20} 0,8427; $N_D^{17,5}$ 1,4202. R. M_D 34,2; calc. 33,97.

La même expérience avec l'époxy-2.6 heptène-3 dextrogyre, mais en prolongeant l'hydrogénation pendant plus de 2 heures pour assurer la saturation, a fourni un liquide bouillant à 113°,5-115°, ayant $[\alpha]_D$ 0°,53. Une deuxième opération encore plus prolongée a donné $[\alpha]_D$ 0°,49 sensiblement la même valeur. Dispersion rotatoire λ 578, 1; pour λ 546, 492, 436; 1,15, 1,35, 1,55 à 1,75.

Il nous semble bien que l'oxycarbure saturé est réellement actif, mais on observera qu'il suffirait d'un centième du corps non saturé initial pour avoir les rotations observées. On est à la limite des certitudes. Nous avons tenté toutefois d'asseoir notre opinion en examinant l'action du permanganate de potassium comparativement sur le corps hydrogéné et son générateur éthylénique. Pour $0^g,1$ de ce dernier suspendu en 10^{cm^3} d'eau, on consomme 105^{cm^3} de MnO^4K à $3^g,16$ par litre, presque instantanément. En agissant de même avec $0^g,08$ de produit hydrogéné, la première goutte de permanganate met 5 minutes pour que la solution passe du violet au brun; en ajoutant deux autres gouttes (et un peu de SO^4K^2 pour coaguler l'oxyde), la liqueur surnageante est encore violette après une nuit.

Nous avons enfin traité un oxycarbure saturé (obtenu avec un dérivé non saturé partiellement racémique, ayant seulement $[\alpha]_D + 20°,2$ au lieu de 48°,8) par l'acide bromhydrique acétique en tube scellé à 100°. Nous avons obtenu un dibromo-2.6 heptane $É_{14}$ 107-109°,5, N_D^{16} 1.498, déviant de + 0°,5 sous 1^{dm}, donc actif. Nous ne croyons réellement pas que cette activité soit due à la permanence d'un peu de dérivé non saturé et, pour le moment, nous considérons la position *cis-trans* comme celle des deux méthyles dans l'acide *a* époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 fus. à 91°,5. L'acide *dl b* fus. à 94° a été obtenu en trop petite quantité pour se prêter à la démonstration complémentaire d'une constitution *cis*-diméthylée, les dédoublements nécessaires étant toujours des opérations de petit rendement.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie d'une Notice qu'il vient de publier sous le titre Paul Bert, *précurseur de l'organisation des recherches scientifiques dans les colonies*.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Mendélisme et consanguinité.* Note de M. **Gustave Malécot**, présentée par M. Henri Villat.

Les croisements effectués par les éleveurs ou les horticulteurs entre individus de même souche, les questions que pose la consanguinité dans l'espèce humaine, ont conduit au problème général suivant (S. Wright, *Genetics*, 6, p. 111; *Amer. Nat.*, 56, p. 330; Haldane, *Annals of Eugenics*, 9, p. 4) : quel est l'effet, sur une population mendélienne, des accouplements entre individus apparentés ? Si l'on suppose que chaque individu a, avec ses divers parents des probabilités d'accouplement déterminées, ne dépendant que du mode de parenté, et non de la constitution génétique, des conjoints (hypothèse de *consanguinité pure*), il est aisé de montrer (G. Malécot, *Annales de l'Université de Lyon*, 1941; *Sciences*, p. 45) que les probabilités pour qu'un gène pris au hasard chez un enfant, c'est-à-dire une *gamète* de cet enfant, présente l'un ou l'autre des deux états *allélomorphes* A et a, sont indépendantes du degré de parenté de ses parents et restent constantes d'une génération à l'autre. Nous les désignerons par p et q. Chaque individu pourra présenter les trois génotypes AA, Aa, aa avec des probabilités P, 2Q, R, satisfaisant à $P+Q=p$ et $Q+R=q$. Mais, au contraire des *probabilités des gamètes* p et q, les *probabilités des génotypes* P, 2Q, R, ne sont pas constantes, elles dépendent du degré de consanguinité de l'individu considéré H_1. S. Wright a proposé de mesurer cette consanguinité par le coefficient de corrélation f entre les deux gamètes $\mathcal{H}$ et $\overline{\mathcal{H}}$ qui se sont unies pour former cet individu. On obtient alors (G. Malécot, *Thèse*, p. 56)

$$P=p(p+fq),\quad 2Q=2pq(1-f),\quad R=q(q+fp). \tag{1}$$

Le coefficient f, appelé par Wright *coefficient de consanguinité* de H_1, ne dépend que du mode de parenté des parents H et $\overline{H}$ de H_1, aussi l'appelons-nous également *coefficient de parenté de* H et $\overline{H}$. Il mesure la corrélation entre une gamète $\mathcal{H}$ prise au hasard chez H et une gamète $\overline{\mathcal{H}}$ prise au hasard chez $\overline{H}$. Il est possible de le calculer pour un mode de parenté quelconque grâce à la remarque suivante : les formules (1) expriment que, chez H_1, les probabilités des génotypes sont les mêmes que si les gamètes $\mathcal{H}$ et $\overline{\mathcal{H}}$ (qu'on peut regarder chacune comme une aléatoire prenant avec les probabilités p et q les états A et a) avaient la probabilité f d'être identiques et la probabilité $1-f$ d'être indépendantes. Les lois de Mendel se traduisent alors par le

Théorème I. — *Le coefficient de parenté de deux individus* H_1 *et* H_2 *est la demi-somme des coefficients de parenté avec* H_2 *des parents de* H_1 (*à condition que* H_1 *ne soit pas un ancêtre de* H_2).

En appelant *coefficient de parenté* partiel de H_1 avec H_2 par l'intermédiaire d'une chaîne d'ascendants remontant de H_1 à l'un A des ancêtres d'ordre n de H_1 la fraction 1/2 du coefficient de parenté de A avec H_2, on en déduit le

THÉORÈME II. — *Si* H_1 *n'est pas un ancêtre de* H_1, *le coefficient de parenté de* H_1 *avec* H_2 *est la somme des coefficients partiels par l'intermédiaire de toutes les chaînes d'ascendants remontant de* H_1 (*chaque chaîne étant supposée terminée au premier ancêtre de* H_2 *que l'on rencontre en la remontant*).

On est ainsi ramené à calculer les coefficients de parenté avec H_2 de certains de ses ancêtres; ce calcul se fait encore par l'application du théorème II et conduit au

THÉORÈME III. — *Le coefficient de parenté entre deux individus* H_1 *et* H_2 *est*

$$f=\sum\left(\frac{1}{2}\right)^{n+p}\frac{(1+f_A)}{2}. \qquad (2)$$

La somme Σ *étant étendue à* toutes *les chaînes de parenté distinctes reliant* H_1 *et* H_2, *chaque chaîne de parenté étant la réunion de deux chaînes d'ascendants remontant de* H_1 *et* H_2 *à un ancêtre commun* A *et n'ayant pas d'autre individu commun que* A ($n+p$ *est le nombre de chaînons de cette chaîne*, f_A *le coefficient de consanguinité de* A).

On en déduit aisément (Malécot, *loc. cit.*) la valeur du coefficient de corrélation entre les génotypes des deux individus, fournis par Wright (*loc. cit.*) et justifiée par lui dans des cas particuliers, par la méthode des *path coefficients*, méthode insuffisante à cause des conditions de linéarité qu'elle postule.

On peut montrer (*loc. cit.*) que les résultats précédents subsistent si le gêne peut prendre, au lieu de 2, un nombre quelconque k d'états allélomorphes.

Applications. — 1° La formule (2) permet de calculer f pour tout individu dont on connaît la *lignée* (pedigree) et d'en déduire d'après (1) les probabilités pour qu'il présente chacun des trois génotypes. Elle permet ainsi de préciser numériquement les inconvénients de la consanguinité (diminution de la probabilité 2Q de l'hétérozygote; augmentation considérable de la probabilité R de l'homozygote *aa* dans le cas d'un gène *a* récessif rare : $R \neq q^2$ pour un individu sans consanguinité, $R \neq fq$ pour un individu de coefficient de consanguinité f; dans le cas où les parents sont cousins germains $f=1/16$).

2° Dans une population nombreuse où la moyenne des coefficients de consanguinité des individus est f, les formules (1) fournissent les fréquences des trois génotypes. Une évaluation approximative de f a été faite par Haldane (*loc. cit.*) pour une population anglaise ($f=0,6$ %) et pour une population israélite ($f>1$ %).

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Directrices de Wilczynski.* Note de M. **Marcel Decuyper**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous allons calculer, en fonction de z et de ses dérivées d'ordres 1, 2, 3, les invariants β, γ introduits par MM. Fubini et Čech dans l'étude de la surface $z=f(x, y)$; nous déterminerons ensuite les deux directrices de Wilczynski, avec les dérivées de z jusqu'à l'ordre 4.

La surface est rapportée à ses asymptotiques u, v; M est le point courant, M_1, M_2 les points où la seconde directrice coupe les tangentes asymptotiques, M_3 le point où la première directrice coupe la quadrique de Lie; avec un choix convenable des coordonnées homogènes pour chaque point M, M_1, M_2, M_3, on a

$$(1)\quad \begin{cases} M_u=\dfrac{M}{2}(\log\gamma)_u+M_1, & M_v=\dfrac{M}{2}(\log\beta)_v+M_2,\\ M_{1_u}=MB^2-\dfrac{M_1}{2}(\log\gamma)_u+\beta M_2, & M_{1_v}=Ml+\dfrac{M_1}{2}(\log\beta)_v+M_3,\\ M_{2_u}=Mk+\dfrac{M_2}{2}(\log\gamma)_u+M_3, & M_{2_v}=MA^2+M_1\gamma-\dfrac{M_2}{2}(\log\beta)_v,\end{cases}$$

où les fonctions β, γ, A, B, k, l satisfont à diverses conditions; appelons ρx, ρy, ρz, ρ les coordonnées de M et X_i Y_i, Z_i, T_i les coordonnées de M_i $(i=1, 2, 3)$. On a, d'après (1), avec permutations circulaires sur x, y, z,

$$(2)\quad \begin{cases} X_1=\rho_u x+\rho x_u-\dfrac{\rho x}{2}(\log\gamma)_u, & X_2=\rho_v x+\rho x_v-\dfrac{\rho x}{2}(\log\beta)_v,\\ T_1=\rho_u-\dfrac{\rho}{2}(\log\gamma)_u, & T_2=\rho_v-\dfrac{\rho}{2}(\log\beta)_v.\end{cases}$$

En reportant dans M_{1_u}, on peut écrire

$$\frac{2\rho_u}{\rho}x_u-\beta x_v+x_{uu}=0,\qquad \frac{2\rho_u}{\rho}y_u-\beta y_v+y_{uu}=0,\qquad \frac{2\rho_u}{\rho}z_u-\beta z_v+z_{uu}=0,$$

$$\beta=\frac{x_u y_{uu}-x_{uu}y_u}{x_u y_v-x_v y_u},\qquad \frac{2\rho_u}{\rho}=\frac{x_v y_{uu}-x_{uu}y_v}{x_u y_v-x_v y_u}.$$

Profitant de ce que $u=$ const., $v=$ const. sont les courbes intégrales de $r\,dx^2+2s\,dx\,dy+t\,dy^2=0$, on a

$$(3)\quad \frac{y_u}{x_u}=\frac{\sqrt{s^2-rt}-s}{t},\qquad \frac{y_v}{x_v}=\frac{-\sqrt{s^2-rt}-s}{t}.$$

Appelant a, b, c, d les dérivées d'ordre 3 de z en x et y, on obtient par dérivation de (3)

$$x_u y_{uu}-x_{uu}y_u=\frac{x_u^3}{2t^3\sqrt{s^2-rt}}\left(A+B\sqrt{s^2-rt}\right),$$

$$A=-at^3-3bt^2s+3ct(rt-2s^2)+ds(4s^2-3rt),\qquad B=-3bt^2+6cst+d(rt-4s^2)$$

et finalement

$$(4)\qquad \beta = \frac{-x_u^2}{x_v}\,\frac{A+B\sqrt{s^2-rt}}{4t^2(s^2-rt)}, \qquad \gamma = \frac{-x_v^2}{x_u}\,\frac{A-B\sqrt{s^2-rt}}{4t^2(s^2-rt)}.$$

2. Déterminons maintenant la première directrice : de (1) on tire

$$M_3 = M_{1_v} - Ml - \frac{M_1}{2}(\log\beta)_v,$$

et nous avons les paramètres directeurs de cette directrice sous la forme

$$\xi = \frac{x_u}{2}\left(\frac{2\rho_v}{\rho} - \frac{\beta_v}{\beta}\right) + \frac{x_v}{2}\left(\frac{2\rho_u}{\rho} - \frac{\gamma_u}{\gamma}\right) + x_{uv}, \qquad \eta = \ldots, \qquad \zeta = \ldots$$

En utilisant les valeurs trouvées par β, γ, $2(\rho_u/\rho)$, $2(\rho_v/\rho)$, on peut écrire

$$\xi = \frac{3}{2}x_{uv} - \frac{x_u}{2}\,\frac{(x_u y_{uu} - x_{uu} y_u)_v}{x_u y_{uu} - x_{uu} y_u} - \frac{x_v}{2}\,\frac{(x_v y_{vv} - x_{vv} y_v)_u}{x_v y_{vv} - x_{vv} y_v},$$

$$\eta = \frac{3}{2}y_{uv} - \frac{y_u}{2}\,\frac{(x_u y_{uu} - x_{uu} y_u)_v}{x_u y_{uu} - x_{uu} y_u} - \frac{y_v}{2}\,\frac{(x_v y_{vv} - x_{vv} y_v)_u}{x_v y_{vv} - x_{vv} y_v}.$$

Nous éliminons y_u et y_v par les formules (3); pour obtenir x_{uv}, y_{uv} nous dérivons $rx_u^2 + 2sx_u y_u + ty_u^2 = 0$ en v et $rx_v^2 + 2sx_v y_v + ty_v^2 = 0$ en u, d'où

$$\frac{x_{uv}}{x_u x_v} = \frac{at^2 - 3bst + c(2s^2 + rt) - drs}{2t(s^2 - rt)}, \qquad \frac{y_{uv}}{x_u x_v} = \frac{-ats + b(2s^2 + rt) - 3crs + dr^2}{2t(s^2 - rt)}.$$

Pour calculer ζ, nous déterminons

$$z_{uv} = px_{uv} + qy_{uv} + rx_u x_v + s(x_u y_v + x_v y_u) + ty_u y_v.$$

Finalement ξ, η, ζ sont égaux aux produits par $x_u x_v$ de ξ_1, η_1, ζ_1 avec

$$\begin{aligned}
\xi_1 = {} & \frac{-5t^2(at - 2bs + cr) + 5st(bt - 2cs + dr) + 12(s^2 - rt)(ct - ds)}{4t^2(s^2 - rt)} \\
& - \frac{1}{t[A^2 - (s^2 - rt)B^2]}\Big[tAA_x + [-sA + (s^2 - rt)B]A_y \\
& \qquad - (s^2 - rt)tBB_x - (s^2 - rt)(A - Bs)B_y \\
& \qquad + \frac{(A - Bs)(bt - 2sc + rd) + Bt(at - 2sb + rc)}{2}B\Big],
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\eta_1 = {} & \frac{5st(at - 2bs + cr) - 5rt(bt - 2cs + dr) - 6(s^2 - rt)(bt - dr)}{4t^2(s^2 - rt)} \\
& + \frac{1}{t[A^2 - (s^2 - rt)B^2]}\Big[[sA + (s^2 - rt)B]A_x - ArA_y \\
& \qquad - (s^2 - rt)(A + Bs)B_x + (s^2 - rt)BrB_y \\
& \qquad + \frac{(A + Bs)(at - 2sb + rc) - Br(bt - 2sc + dr)}{2}B\Big],
\end{aligned}$$

$$\zeta_1 = p\xi_1 + q\eta_1 - 2\frac{s^2 - rt}{t}.$$

On voit que ces paramètres directeurs dépendent linéairement des dérivées partielles du quatrième ordre de z.

3. Enfin la seconde directrice M_1M_2 peut être définie comme intersection du plan tangent avec le plan OM_1M_2. L'équation de ce plan fait apparaître

des quantités calculées précédemment; on obtient l'équation rationnelle

$$
\begin{aligned}
(Z - pX - qY)\Big[& x(r\xi_1 + s\eta_1) + y(s\xi_1 + t\eta_1) \\
& + \frac{x(at - 2sb + rc) + y(bt - 2sc + rd)}{2t} \\
& + \frac{d(t^2 - r^2)(sx + ty)}{4t(s^2 - rt)} + \frac{2(s^2 - rt)}{t}\Big] \\
& - X(px + qy - z)\left(r\xi_1 + s\eta_1 + \frac{at - 2sb + rc}{t}\right) \\
& - Y(px + qy - z)\left[s\xi_1 + t\eta_1 + \frac{bt - 2sc + rd}{2t} + \frac{d(t^2 - r^2)}{4(s^2 - rt)}\right] = 0.
\end{aligned}
$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les mouvements avec sillage.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

L'idée qui est à l'origine de ces résultats théoriques est la suivante : *rechercher les lignes de jet* [*ou les profils des surfaces de jet* dans le cas des écoulements tridimensionnels symétriques ([1])] *comme trajectoires de points matériels libres de masse égale à l'unité et obéissant à la loi* $\vec{\gamma} = -\overrightarrow{\text{grad}}\,p$. Les forces de masse sont supposées nulles et le fluide incompressible de masse spécifique unité. On se bornera, pour simplifier, à des mouvements plans et à un seul obstacle symétrique par rapport à Ox (O étant le point de bifurcation) pouvant présenter des points $P_1, \ldots, P_n$ de discontinuité de première espèce pour sa courbure. Soit P_0 le point où se détache la ligne de jet venant après P_n. Tous ces points sont relatifs au demi-plan supérieur ($y > 0$). Les équations intrinsèques de la particule matérielle (de masse 1) qui décrit le contour $x'OP_0\lambda$, soit C, obtenues de l'équation vectorielle précédente, font intervenir dp/dn et dp/ds, s étant l'arc de C mesuré de O dans le sens du mouvement et $\vec{n}$ la direction de la normale principale. On peut exprimer dp/dn en fonction de $p(s)$, p_0, v_0 et ρ (rayon de courbure de C). On en déduit, si $\Phi = \log v$ dans le fluide, que Φ est harmonique et $d\Phi/dn$ est égale à zéro sur toute partie rectiligne du contour, à $1/\rho$ sur toute partie non rectiligne sauf sur (λ), ligne de jet, où elle est égale à zéro et où $\Phi = 0$. On envisage alors la fonction $z = G(Z)$ faisant la transformation conforme du domaine occupé par le fluide sur l'intérieur d'un cercle centré en origine et de rayon unité de manière que O et le point à l'infini correspondent aux points $A(1, 0)$ et $A'(-1, 0)$ du cercle. Soient σ_i et σ_0 les abscisses curvilignes mesurées à partir de A des homologues de P_i et P_0. Posons $g(\sigma) = |G'(Z)|$. On a $ds = g(\sigma)\,d\sigma$, $d\varphi/dn = (d\Phi/dn)\,g(\sigma)$, φ étant la fonction harmonique dans le cercle, transformée de Φ. Elle est continue sur la circonférence, négative, et peut devenir infinie; $d\varphi/dn$ a des

([1]) *Journal de Mathématiques*, 1942, fasc. 2, p. 155.

valeurs déduites de ce qui précède. L'égalité des arguments dans la relation $dz = G'(Z)\,dZ$ donne $\theta(s) = \alpha(\sigma) + \sigma + (\pi/2)$, θ étant l'angle de C avec Ox et $\alpha(\sigma)$ l'argument de $G'(Z)$. On montre que $[1/\rho(s)]\,g(\sigma) = \pm[\alpha'(\sigma)+1]$ suivant que C est concave ou convexe vers le fluide, et que (²)

$$\text{(I)} \qquad \log g(\sigma) = \beta_0 - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} [\alpha(\tau) - \alpha(\sigma)] \cot g \frac{\tau - \sigma}{2}\, d\tau.$$

Si l'on remplace, dans les deux formules précédant celle-ci, s par sa valeur en fonction de σ tirée de ds, on obtient deux autres formules équivalentes que l'on désignera par (II) et (II'). On trouve pour la valeur sur la circonférence de la fonction harmonique conjuguée ψ de φ la valeur

$$-\psi(\sigma) = \alpha(\sigma) + \sigma + \frac{\pi}{2} - \theta(0+0) - \sum_{i=1}^{s_i<s} [\theta(s_i+0) - \theta(s_i-0)]$$

pour $0 < \sigma < \pi$ et $\psi(\sigma) = 0$ pour $-\pi < \sigma < 0$. $\psi(\sigma)$ est continue, bornée (alors que φ ne l'est pas) sur le cercle et a une seule discontinuité de 1ʳᵉ espèce en $\sigma = \pi$ de saut connu; elle est constante sur toute partie rectiligne du contour. $\psi'(\sigma)$ est continue, sauf pour $\sigma = 0, \sigma_1, \ldots, \sigma_n, \pi$, où elle peut éprouver des discontinuités de 1ʳᵉ espèce, sauf peut-être pour $\sigma = \pi$. De plus $d\psi/dn = 0$ pour $\sigma_0 < \sigma < \pi$. Cette dernière relation donne, si l'on utilise les expressions de la dérivée normale (³) données par M. Villat ou moi-même, des formules que l'on désignera par (III) ou (III'). Enfin on désignera par (IV) les formules qui donnent s_i à partir de ds. On arrive ainsi au *résultat* suivant :

L'équation (I) donne $g(\sigma)$ en fonction de $\alpha(\sigma)$, laquelle n'étant pas connue sur les parties non rectilignes du contour et sur (λ), on considérera les équations (II) ou (II') valables dans (σ_i, σ_{i+1}), (σ_n, σ_0) et l'équation (III) valable dans (σ_0, π) qui permettent, théoriquement, la détermination de $\alpha(\sigma)$ en fonction de $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n$ et σ_0. *$\rho(s)$ ou $\theta(s)$ étant alors connu*, c'est *l'équation intrinsèque de (λ) qui est connue. La ligne de jet* se trouve ainsi déterminée. Enfin σ_0 sera déterminé en écrivant que la valeur de θ, ou ρ, ainsi trouvée, égale celle relative au contour pour $\sigma = \sigma_0$.

Applications. — 1° *Cas de la barre.* — En utilisant la formule (III), on trouve que ψ', donc α', est donnée par l'équation intégrale valable pour $\sigma_0 < \sigma < 0$

$$2\left[\text{Log}\,\frac{\sin\frac{\sigma-\sigma_0}{2}}{\cos\frac{\sigma}{2}}\right]\psi'(\sigma) + \int_{\sigma_0}^{\pi} [\psi'(\tau) - \psi'(\sigma)] \cot g \frac{\tau-\sigma}{2}\, d\tau = 0.$$

Une formule analogue est obtenue par l'emploi de (III').

(²) Application d'une formule bien connue, de M. Villat (*Bull. Soc. math. de France*, 39, 1911, p. 443).

(³) Voir Vasilesco, *Publications sc. et tech. du Ministère de l'Air*, 29, p. 30.

2° *Cas de l'obstacle circulaire.* — On peut prendre pour rayon l'unité. On obtient deux équations intégrodifférentielles pour déterminer les tronçons ψ_1 et ψ_2 de ψ dans les intervalles $(0, \sigma_0)$ et (σ_0, π)

$$2\left[\operatorname{Log}\frac{\sin\frac{\sigma-\sigma_0}{2}}{\cos\frac{\sigma}{2}}\right]\psi'_2(\sigma)+\int_0^{\sigma_0}\psi'_1(\tau)\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau+\int_{\sigma_0}^{\pi}[\psi'_2(\tau)-\psi'_2(\sigma)]\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau=0$$

valable pour $\sigma_0<\sigma<\pi$, et

$$\operatorname{Log}|\psi'_1(\sigma)|=\beta_0-\frac{1}{\pi}\left[\operatorname{Log}\frac{\sin\frac{\sigma}{2}}{\sin\frac{\sigma_0-\sigma}{2}}\right]\psi_1(\sigma)+\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(\tau-\sigma)\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau$$
$$+\frac{1}{2\pi}\int_0^{\sigma_0}[\psi_1(\tau)-\psi_1(\sigma)]\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau+\frac{1}{2\pi}\int_{\sigma_0}^{\pi}\psi_2(\tau)\operatorname{cotg}\frac{\tau-\sigma}{2}\,d\tau$$

pour $0<\sigma<\sigma_0$. On doit avoir $\psi_1(\sigma_0)=\psi_2(\sigma_0)$. On peut ramener, par une transformation simple, ces équations au système canonique

$$0=b_2u'_2(\sigma)+\int_0^{\sigma_0}u'_1(\tau)k_1(\tau,\sigma)\,d\tau+\int_0^{\sigma_0}[u'_2(\tau)-u'_2(\sigma)k_2(\tau,\sigma)\,d\tau,$$

$$\operatorname{Log}|u'_1(\sigma)|=b_0+b_1u_1(\sigma)+\int_0^{\sigma_0}[u_1(\tau)-u_1(\sigma)]k_1(\tau,\sigma)\,d\tau+\lambda\int_0^{\sigma_0}u_2(\sigma)k_2(\tau,\sigma)\,d\tau,$$

où les b sont des fonctions de σ, lequel varie entre zéro et σ_0, *ces valeurs étant exclues.*

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le mécanisme élémentaire de l'électrolyse aqueuse.* Note [1] de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. Aimé Cotton.

La théorie d'Arrhenius sur la constitution des électrolytes implique l'indépendance des ions chargés dans une solution aqueuse. Si l'on vient à créer dans le liquide un champ électrique, les ions se mettent en mouvement dans le sens imposé par le signe de leur charge et se déchargent aux électrodes. En n'admettant que ces hypothèses, les lois de l'électrostatique nous montrent qu'un tel phénomène doit se produire sans aucune dépense d'énergie au voisinage des électrodes. Il y a là certainement une difficulté, puisqu'on sait qu'un grand nombre d'électrolyses exigent une différence de potentiel minima pour que le courant commence à passer et que cette différence de potentiel peut servir, par des considérations thermodynamiques dues à Gibbs et à Helmholtz, à calculer l'énergie chimique du système. Cette contradiction peut être levée par une application plus détaillée de l'électrostatique aux ions et aux molécules du dissolvant. En effet, autour de chaque ion, un champ électrique

(1) Séance du 12 octobre 1942.

intense a pour effet d'orienter les doublets électriques que constitue une molécule polaire comme celle de l'eau. Cette façon de voir est adoptée par les physiciens qui considèrent aujourd'hui les ions comme entourés d'eau. Cette eau est orientée de manière que le signe électrique de la couche extérieure soit le même que celui de l'ion. Ces considérations très simples nous permettent à la fois d'expliquer la difficulté que suggère la théorie d'Arrhenius et de retrouver, d'une manière déductive, la théorie de l'électrolyse que nous avons publiée précédemment et appliquée à de nombreuses reprises.

Supposons en effet qu'un ion K chargé positivement soit attiré vers la cathode; comme il est entouré d'eau orientée, le contact avec la cathode a lieu non pas avec l'ion lui-même mais avec la couche extérieure, qui est de l'hydrogène. La décomposition qui se produit alors est une rupture de la molécule d'eau et une mise en liberté d'hydrogène atomique, tandis que le groupement OH de charge opposée à celle de K se combine avec lui pour donner KOH. En somme, au pôle négatif, l'acte élémentaire est une électrolyse d'eau, dont les produits juxtaposés sont l'hydrogène atomique et la base du sel dissous.

Ceci peut expliquer très facilement que le potentiel minimum est le même pour une série très diverse d'électrolytes dans l'électrolyse desquels il n'apparaît aux pôles ni métal, ni métalloïde.

Ce potentiel minimum correspond d'ailleurs au travail de décomposition réversible de l'eau; et ainsi se trouve justifiée une expression des vieux traités de chimie abandonnée à tort : « on électrolyse l'eau rendue conductrice par addition de soude ou d'acide sulfurique ». C'est la raison pour laquelle ce potentiel minimum est le même pour une solution de sulfate ou de phosphate alcalin, de soude, d'acide sulfurique, d'acide perchlorique, car, dans tous les cas, il représente le travail de décomposition réversible de l'eau pure.

Lorsque les éléments de décomposition de l'eau réagissent sur les acides ou les bases mis en liberté au contact des électrodes, il se constitue ainsi une pile secondaire dont la force électromotrice s'oppose à celle du générateur et peut même s'annuler. C'est de cette manière que l'on explique, dans la théorie que j'ai donnée, le fait qu'une électrolyse de sulfate de cuivre avec électrodes de cuivre correspond à une force électromotrice nulle. En effet, le courant commence par décomposer de l'eau à chaque électrode avec accomplissement de la réaction suivante : $\frac{1}{2}H^2O = H + \frac{1}{2}O$ en même temps qu'il apparaît, ainsi que nous venons de le montrer, $\frac{1}{2}CuO$ à la cathode et $\frac{1}{2}SO^4H^2$ à l'anode.

Mais il se constitue automatiquement une pile inversée dont les réactions sont :

1° au pôle positif de cette pile $\frac{1}{2}CuO + H = \frac{1}{2}Cu + \frac{1}{2}H^2O$;

2° au pôle négatif de cette pile $\frac{1}{2}Cu + \frac{1}{2}O = \frac{1}{2}CuO$ (le cuivre étant emprunté à l'anode de l'électrolyse), $\frac{1}{2}SO^4H^2 + \frac{1}{2}CuO = \frac{1}{2}SO^4Cu + \frac{1}{2}H^2O$,

ces deux réactions 1° et 2° régénérant l'eau qui avait été décomposée par le courant à chaque électrode.

La thermodynamique, par le raisonnement de Gibbs et de Helmholtz, nous enseigne que la force électromotrice est nulle puisque le bilan chimique de l'opération totale se traduit par un simple déplacement de cuivre de l'anode à la cathode. L'acte élémentaire de l'électrolyse se ramène donc :

1° au transport des ions plus ou moins hydratés dans le sein du liquide, phénomène qui explique classiquement la conductibilité électrique des solutions;

2° à la décomposition au voisinage des électrodes des molécules polaires du dissolvant, phénomène que nous apercevons directement dans l'électrolyse du sulfate de sodium dissous et dont nous constatons seulement les effets secondaires dans l'électrolyse d'un sel comme le nitrate d'argent ou l'iodure de sodium (apparition d'argent ou d'iode).

En résumé, en partant de l'hypothèse d'Arrhenius et de la notion, commandée par l'électrostatique, d'hydratation des ions, on déduit, par des raisonnements simples, que le phénomène élémentaire de l'électrolyse est la décomposition de l'eau superposée à la mise en liberté d'acide et de base.

L'électrolyse par étincelle et l'électrolyse par l'intermédiaire d'électrodes en eau pure montrent ces phénomènes sans effet secondaire.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Détermination du seuil photoélectrique du cuivre.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Aimé Cotton.

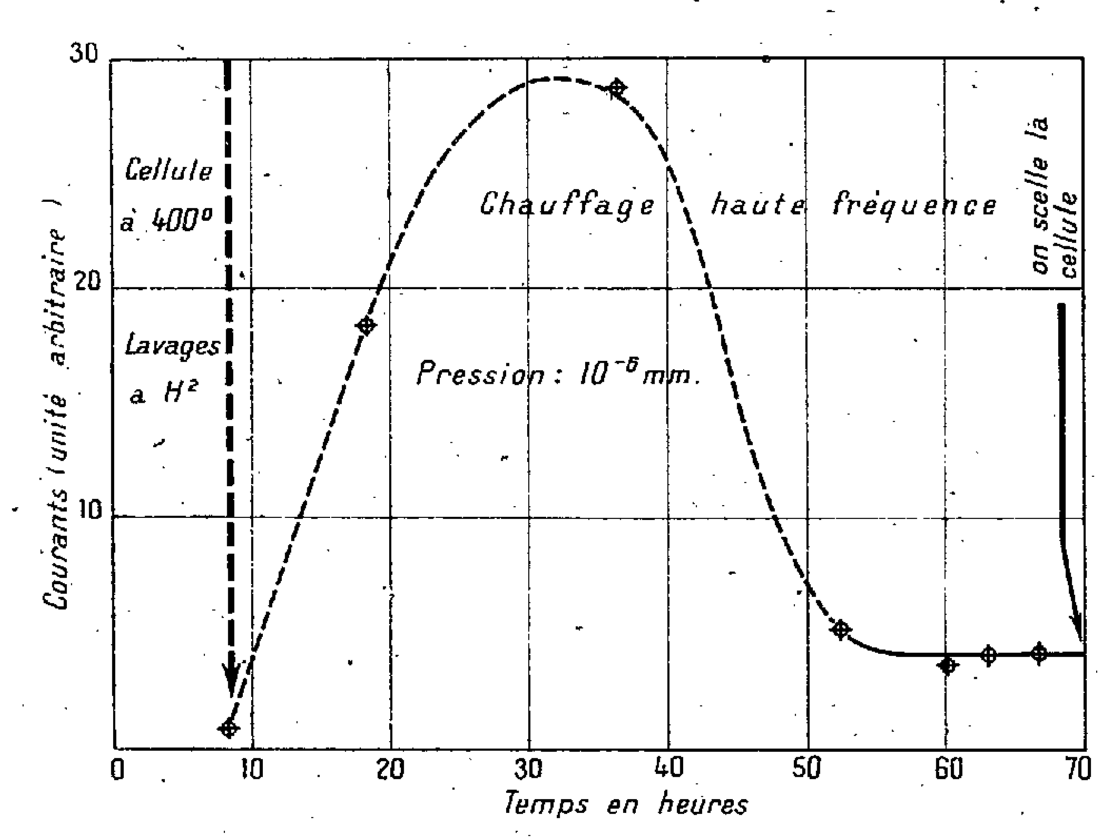
Dans le présent travail j'ai étudié, au cours d'un chauffage poussé, sous vide, les variations du courant photoélectrique émis par une lame de cuivre exposée au rayonnement total de l'arc au mercure. Lorsque je n'ai plus constaté de variations, l'ampoule contenant le cuivre a été scellée.

De l'étude de l'émission photoélectrique en fonction de la longueur d'onde, j'ai déduit la valeur de la longueur d'onde du seuil.

1° *Opérations de dégazage.* — L'échantillon étudié est du cuivre électrolytique ayant subi une fusion sous vide; il m'a été fourni par M. Chaudron. La cellule qui le contient, uniquement constituée de quartz, de pyrex et de tungstène soudés entre eux, est scellée sur l'appareil à vide. Entre le dernier piège à air liquide et la cellule, il n'y a ni joints, ni robinets graissés. La pression est mesurée par une jauge à ionisation. On peut introduire dans le banc de pompage de l'hydrogène très pur (obtenu par osmose à travers du palladium chauffé) destiné à réduire la mince couche d'oxyde qui a pu se former sur le cuivre au contact de l'air. Au début de l'expérience, la cellule est portée, pendant plusieurs heures, à 400° et soumise à des lavages successifs à l'hydrogène. Ensuite, la pression étant maintenue à une valeur de 10^{-6} mm, le cuivre est soumis de façon intermittente à l'action d'un four à induction

(32 heures effectivement au rouge). Porté d'abord au rouge sombre, il est chauffé de plus en plus énergiquement (début de volatilisation en fin d'expérience). Périodiquement, après avoir laissé le cuivre se refroidir, on mesure le courant photoélectrique. Ses variations au cours du chauffage sont représentées par la courbe ci-dessous. La cellule a été scellée après 70 heures de pompage.

2° *Détermination du seuil.* — J'ai interprété les résultats expérimentaux par la méthode de Fowler (¹), qui donne un seuil indépendant de la sensibilité des appareils de mesure (seuil au 0° absolu) (²). Elle nécessite la connaissance, à un facteur constant près, de l'émission photoélectrique en fonction de la longueur d'onde pour une température donnée. Cette fonction a été déduite de la comparaison de la cellule au cuivre avec une cellule à fluorescence (³) pour les raies de l'arc au mercure de longueurs d'onde : 2652, 2537, 2482, 2399, 2378, 2345 Å. Le seuil ainsi déterminé a pour longueur d'onde, 2660 Å. J'ai, par la suite, porté plusieurs fois au rouge l'échantillon de cuivre dans son ampoule scellée; après ces chauffages, j'ai procédé à de nouvelles déterminations du seuil. Les valeurs trouvées s'échelonnent de 2600 à 2750 Å. Ces



déplacements, après toutes les précautions prises, s'expliquent par l'énorme difficulté qu'il y a à conserver, dans un tube scellé, un métal parfaitement exempt de gaz adsordé.

En appliquant la méthode de Fowler (²) aux courbes publiées par Rentschler (⁴) d'une part et par Schulze (⁵) d'autre part, relatives à l'étude en

(¹) Du Bridge, *New theories of the photoelectric effect* (*Actual. Scient.*, Paris, n° 268); Fowler, *Phys. Rev.*, **38**, 1931, p. 45.

(²) Les calculs ont été faits avec T = 293° K.

(³) Déjardin et Schwegler, *Revue d'Optique*, **13**, 1934, p. 313.

(⁴) *Rev. of Scient. Inst.*, **3**, 1932, p. 794.

(⁵) *Zeits. für Phys.*, **92**, 1934, p. 212.

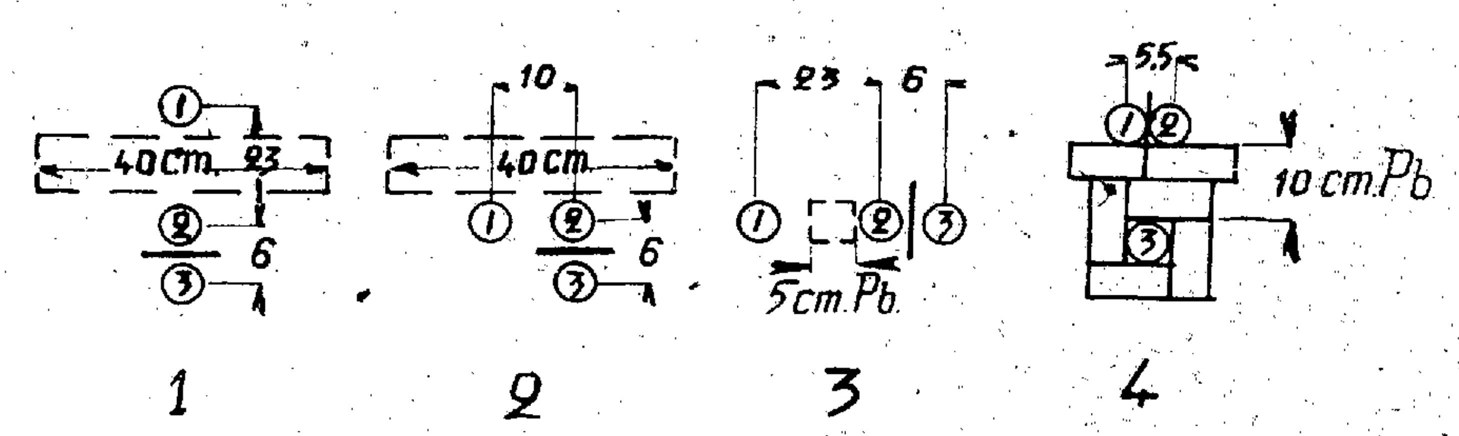
tubes scellés de couches de cuivre pulvérisé ou volatilisé dans le vide, j'ai obtenu, aux erreurs près dues à la petitesse des échelles graphiques, les nombres respectifs de 2800 et 2650 Å. Ces valeurs concordent assez bien avec celle que je donne pour du cuivre massif soigneusement dégazé.

D'autre part les mesures d'émission thermoioniques de Gœtz (voir Reimann, *Thermoionic emission*) conduiraient à une valeur approximativement égale à 2850 Å.

RAYONS COSMIQUES. — *Gerbes de rayons cosmiques contenant des particules asynchrones.* Note de M. **André Fréon**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Le phénomène des gerbes de rayons cosmiques est caractérisé par la cohérence dans le temps et dans l'espace d'un ensemble de particules traversant les appareils de mesure. Les gerbes observées jusqu'alors paraissaient formées de particules simultanées, autant que le pouvoir séparateur des appareils employés permettait de l'affirmer. Les expériences décrites ici mettent en évidence l'existence de particules cohérentes asynchrones.

2. Le montage utilisé comprend trois compteurs de Geiger-Müller attaquant à la fois deux sélecteurs de coïncidences S_1 et S_2, ayant des pouvoirs de réso-



Schémas des dispositifs employés (compteurs de 110 cm², comptages individuels 220 chocs/min.).

lution respectifs de 1,5 et 8,5 μ-sec. Par un dispositif spécial comprenant un relais rapide, le fonctionnement du premier sélecteur bloque celui du second. Le comptage N_1 de S_1 indique donc le nombre des coïncidences synchrones à moins de 1,5 μ-sec. près, tandis que le comptage N_2 de S_2 donne le nombre de fois où un ou deux des trois compteurs ont fonctionné avec un décalage dans le temps compris entre $\pm 1,5$ et $\pm 8,5$ μ-sec par rapport au troisième.

Ce fait peut être dû aux compteurs eux-mêmes par suite de la capture d'électrons par les atomes du gaz contenu dans ceux-ci, occasionnant, dans les conditions présentes, un comptage de fond N'_2 égal à environ $(5.10^{-3}).N_1$ [1]. Le nombre des coïncidences fortuites est négligeable, même pour S_2.

---

(1) Maze, 1941 (Résultats non publiés).

3. Les mesures, faites à 2^{m} au-dessous d'un toit en terrasse relativement léger (A), puis dans une cabane en bois (B), présentant une absorption négligeable, sont résumées dans le tableau ci-après, les compteurs ayant été disposés suivant les schémas de la figure ci-dessus.

		Écran	(A).			(B).		
E.	D.	gr/cm².	N_1.	N_2.	$(N_2/N_1).10^3$.	N_1.	N_2.	$(N_2/N_1).10^3$.
1...	1	0	362±2,5	2,10 ±0,19	5,82±0,52	390 ±3,5	1,90 ±0,35	4,9 ±0,9
2...	1	114 Pb.	291±2,5	1,41 ±0,17	4,85±0,6	306,9±2,5	1,44 ±0,17	4,67±0,56
3...	2	0	26,4±0,4	0,355±0,05	13,4±1,8	14,2±0,3	0,228±0,04	16,1±2,5
4...	2	5 Al.	33,4±1,4	0,18 ±0,1	5,4±3,1	20,2±0,4	0,224±0,05	11 ±2,7
5...	2	10 Al.	40,4±0,66	0,26 ±0,05	6,44±0,88	26 ±1	0,402±0,12	15,4±4,6
6...	2	15 Al.	–	–	–	24,6±1,6	0,5 ±0,3	21 ±9
7...	2	20 Al.	39,3±0,8	0,26 ±0,065	6,63±1,65	26,2±0,8	0,17±0,07	6,6±2,5
8...	2	114 Pb.	17,1±0,6	0,065±0,04	3,8 ±2,1			
9...	3	0	13,7±0,5	6,09 ±0,04	6,6 ±3,3			
10...	3	57 Pb.	10,7±0,5	0,05 ±0,04	4,8 ±3,3			

E, expériences; D, disposition.

La nature (aluminium ou plomb) et la valeur (en g/cm²) des écrans utilisés lors de chaque expérience sont indiquées dans la troisième colonne du tableau.

Joignons à ces résultats ceux obtenus au moyen de la disposition 4 de la figure (coïncidences doubles et triples ordinaires de S_1) :

Exp. 11. — Comptages doubles : 1-3............ 757 ± 11 par heure
» 2-3............ 705 ± 11 »
Total...................... 1462 ± 22 »
Exp. 12. — Comptages triples : 123............ 3,63 ± 0,13 par heure

Ces résultats montrent qu'avec cette géométrie des compteurs, 0,25 % des mésons sont accompagnés d'électrons de choc.

4. La comparaison des expériences 1 et 3 prouve qu'un autre phénomène se superpose à celui des chocs retardés dans les compteurs.

Les résultats des expériences 3 et 7 prouvent que cet effet supplémentaire, qui disparaît avec l'interposition de 20 g/cm² d'aluminium, est dû à des particules molles, probablement des électrons. L'examen de l'effet de *voûte* des expériences 3 à 7 dans les deux cas prouve également qu'il y a bien un autre effet que celui des chocs retardés; on constate en effet que N_2 décroît, tandis que N_1 augmente.

De plus, la comparaison des variations de N_2/N_1 avec l'écran montre que les particules enregistrées sont de plus grande énergie à l'air libre que sous le toit, ceci est en faveur de l'hypothèse suivant laquelle il s'agirait d'électrons de gerbes, les retards observés étant dus à des fins de parcours.

Les expériences 9 et 10, montrant que N_2/N_1 est pratiquement égal dans ce

cas au nombre de chocs retardés, semblent infirmer l'hypothèse des gerbes, de même que le calcul que nous avons effectué des retards possibles des électrons dans celles-ci.

On peut donc supposer qu'il s'agit, au moins pour la plus grande partie de l'effet observé, de petites gerbes provenant d'un méson. Celui-ci se désintègre au-dessus de l'appareil, qui reçoit alors l'électron de désintégration et un ou plusieurs électrons de choc, phénomène relativement rare à cause du faible accompagnement du méson (expériences 11 et 12). Des expériences analogues sont entreprises dans une salle souterraine, où ne subsiste plus que le rayonnement pénétrant, afin d'éclaircir cette question.

Si la deuxième hypothèse est correcte, la comparaison des expériences 2(A) et 2(B), donnant le nombre des mésons arrêtés par le toit, jointe aux résultats des expériences 11 et 12, permet d'estimer que la probabilité de création d'un électron, lors de la désintégration du méson, est forte, au moins égale à 1/2, conformément aux conclusions de Rasetti [2].

THÉORIES CHIMIQUES. — *Sur l'identité des propriétés des covalences et des coordinences.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Parmi les forces de valence qui maintiennent unis les atomes, les radicaux ou les molécules qui constituent un complexe, Werner a distingué les valences principales, ou covalences, et les valences secondaires, ou coordinences. Cette distinction a été précisée par les théories de Sidgwick [1] et de Pauling [2], qui s'accordent pour conclure que ces deux espèces de liaisons diffèrent par la structure électronique initiale des radicaux qui peuvent les contracter, et par le mécanisme de leur formation, mais conduisent à une distribution analogue des électrons dans le complexe, *une fois celui-ci formé*. Du point de vue expérimental, où nous nous placerons ici, on a cherché à mettre en évidence l'identité ou la différence des covalences et des coordinences, en étudiant divers phénomènes.

1. Werner a préparé l'ion complexe $\left[\mathrm{en^2Co}\begin{smallmatrix}\diagup \mathrm{NH^2} \diagdown \\ \diagdown \mathrm{NO^2} \diagup\end{smallmatrix}\mathrm{Co\,en^2}\right]^{++++}$ [3] sous une forme inactive par nature sur la lumière polarisée; il en a conclu que les *ponts* NH^2 et NO^2 et aussi les liaisons qui les unissent aux atomes de Co doivent être symétriques par rapport à un plan, ce qui implique une répar-

---

(2) Rasetti, *Phys. Rev.*, 59, 1941, pp. 613-706; 60, 1941, p. 198.

(1) *The electronic theory of valency*, 1929.

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1367.

(3) *en* désigne une molécule d'éthylènediamine, *pn* une de propylènediamine. Les covalences sont figurées par des traits pleins, les coordinences en pointillé.

tition électronique identique pour les covalences et les coordinences. Bien qu'il ait été critiqué (4), ce raisonnement est correct (5), et sa conclusion est renforcée par les données acquises sur la symétrie des groupes NH^2 et NO^2 (6).

2. Les mesures magnétiques, qui établissent une différence nette entre les covalences et les électrovalences, n'en montrent pas entre covalences et coordinences : le moment magnétique, calculé dans l'hypothèse d'une même distribution électronique dans les deux cas, s'accorde avec les mesures (2).

3. Dans des composés tels que $[PtCl^4]K^2$ ou $[PtCl^6]K^2$, deux atomes Cl sont unis à l'atome Pt par coordinences, les autres par covalences. L'étude de leur structure cristalline, et celle de nombreux complexes analogues, montre une symétrie quaternaire pour les ions tétracoordinés, une symétrie octaédrique régulière pour les ions hexacoordinés : la position des atomes liés par des coordinences ne se distingue pas. On sait pourtant que la méthode révèle une différence entre les coordinences et les liaisons par attraction de dipôle (7).

4. L'étude des spectres de vibration confirme le résultat précédent : l'interprétation des spectres de Raman donnés par $[Pd(CN)^4]^{--}$, $[Pt(NO^2)^4]^{--}$, ... ne s'accorde qu'avec la symétrie quaternaire ; celle des spectres de $[Rh(CN)^6]^{---}$, $[Ir(NO^2)^6]^{---}$, ... indique une symétrie cubique (8).

5. Lifschitz (4) a pensé trouver un critère de distinction entre covalences et coordinences, dans certains complexes doués de pouvoir rotatoire. Selon lui, si une molécule optiquement active A entre dans un complexe indédoublable ou indédoublé, l'effet Cotton apparaît dans les bandes d'absorption électroniques du métal central M si la liaison entre A et M est covalente, ou si elle est à la fois covalente et coordinative, mais non pas si elle est purement coordinative. L'effet Cotton existe, comme le prévoit la règle précédente, chez les ions complexes du type $[en^2Co{=}ac]$, où *ac* désigne une molécule d'acide aminé actif, lié au cobalt par covalence et par coordinence (9). Par contre, on ne devrait pas le constater pour un composé renfermant une molécule d'amine active, dont la liaison ne peut être que coordinative. C'est bien ce qui semblait résulter des mesures de dispersion rotatoire de composés tels que I. $[Co(NO^2)^3NH^3 d\text{pn}]$; II. $Br[Co(NO^2)^2 \text{en}\, d\text{pn}]$; III. $SO^4[Ni(d\text{pn})^2]$. En réalité, ces mesures étaient incomplètes ; dans les deux premiers cas, elles ne s'étendaient qu'à des longueurs d'onde supérieures à $0^\mu,50$, alors que l'absorption atteint son maximum vers $0^\mu,44$; dans le dernier cas, l'anomalie

(4) J. Lifschitz, *Zeits. physik. Chem.*, 114, 1925, p. 494.

(5) J.-P. Mathieu, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 773.

(6) J.-P. Mathieu et D. Massignon, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1084.

(7) Cf. par exemple, J.-P. Mathieu, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 736.

(8) J.-P. Mathieu, *Journ. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 308.

(9) J. Lifschitz, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 58, 1939, p. 785 ; J.-P. Mathieu, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 873.

du pouvoir rotatoire est faible. Mais, si l'on mesure le dichroïsme circulaire, qui est le phénomène vraiment caractéristique de l'effet Cotton, on trouve qu'il existe dans tous les cas précédents. Les valeurs suivantes sont celles du dichroïsme moléculaire, en degrés (I, II, III représentent les trois combinaisons ci-dessus) :

λ en mμ...	680.	640.	620.	600.	580.	550.	520.	500.	460.	450.	436.
I........	–	–	–	–	–	–	0	0	–	—200	— 500
II........	–	–	–	–	–	–	0	0	—120	—490	—1400
III........	—50	—95	—120	—135	—125	—85	—30	0	–	–	–

En somme, *il n'existe pas actuellement de faits expérimentaux qui établissent, entre les covalences et les coordinences, une différence déjà abolie par la théorie électronique.*

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la teneur en soufre total et en sénevol des graines de Colza à divers degrés de maturité.* Note de M. **Émile André** et Mme **Madeleine Kogane-Charles**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il est bien connu que les graines fournies par la plupart des plantes de la famille des Crucifères, fournissent, après broyage et macération dans l'eau, des essences sulfurées dites *sénevols* qui sont des esters isosulfocyaniques de divers alcools aliphatiques ou cycliques. La quantité de soufre qui se dégage sous forme d'huile essentielle est en général assez faible. Nous avons recherché quelle était, par rapport au soufre total contenu dans la graine, la proportion de soufre pouvant être dégagée sous forme de sénevol. A notre connaissance l'étude de la teneur en soufre des graines de Crucifères n'a fait jusqu'ici l'objet que d'un travail de Vogel (1) remontant à 1842. Vogel a dosé le soufre dans les graines de Cresson alénois, *Lepidum sativum* L., par une méthode qui ne donnait pas des résultats exacts et qui le conduisit à des conclusions erronées.

Nous avons opéré le dosage du soufre total en détruisant la matière organique au moyen de l'acide nitrique et du chlorate de potassium; ce dernier réactif étant ajouté par petites fractions à la fois. Toutes précautions utiles étant prises, on peut sans ennui obtenir le résultat désiré. La destruction complète de l'huile est assez longue, il ne faut pas compter moins de 10 à 12 heures d'attaque. Nous avons imaginé, pour pratiquer cette destruction, un petit appareil qui sera décrit dans un autre Recueil. La matière organique une fois détruite, l'acide sulfurique est dosé à l'état de sulfate de baryum.

Nous avons déjà indiqué (2) que nous avions séparé d'un échantillon de graines de Colza, provenant directement du producteur, cinq catégories de graines : très grosses, grosses, moyennes, petites et très petites. Les graines petites et très petites avaient été récoltées avant maturité pour éviter la perte d'une proportion importante de graines mûres provoquée

(1) *Journ. f. prakt. Chem.*, 55, 1842, p. 221.
(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 636.

par la déhiscence des siliques (écalage). Nous avons déjà montré que les graines immatures fournissent une moindre quantité d'huile et que celle-ci est assez fortement acide.

Nous avons dosé le soufre total dans chacune des cinq catégories de graines ci-dessus désignées et nous avons, d'autre part, dosé le soufre que les graines laissent dégager sous forme de crotonylsénevol, par distillation, après avoir macéré quelque temps dans l'eau tiède. Le procédé de dosage utilisé est celui que prescrit la Pharmacopée française pour le dosage de l'allysénevol dans les graines de Moutarde noire.

Les résultats obtenus figurent dans le tableau suivant :

Calibre des graines.	Répartition % des graines dans l'échantillon.	Huile %.	Soufre total %.	Soufre se dégageant à l'état de sénevol %.	Rapport S. des sénevols / S. total
Très grosses.....	1,3	39,7	0,824	—	—
Grosses	15,3	38,5	0,723	0,025	3,4%
Moyennes	59,4	37,2	0,729	0,022	3,0
Petites.........	20,5	31,8	0,759	0,025	3,3
Très petites.....	3,5	24,9	0,943	—	—

Les données numériques ci-dessus montrent que la teneur en soufre total s'abaisse tandis que la teneur en huile s'élève à mesure que la maturation des graines progresse. Les graines très grosses font exception quant à leur teneur en soufre, toutefois leur proportion dans l'échantillon global n'est que de 1,3 % ; en outre nous avons quelque raison de penser qu'il s'agit d'une variété différente de celle des quatre autres catégories. Notons également combien faible est la proportion du soufre des sénevols par rapport au soufre total (de 3 à 3,4 % seulement).

En terminant, nous signalons que le dosage du soufre, dans les résidus de graines déshuilées par l'essence légère, a révélé qu'une certaine quantité de soufre, représentant de 7 à 13 % du soufre total, a été entraînée en même temps que l'huile par le dissolvant. Les composés sulfurés solubles dans l'essence sont volatils, on n'en retrouve qu'une faible partie dans l'huile; ce ne sont pas des sénevols. A aucun moment nous n'avons perçu l'odeur forte de ces composés; en outre il est reconnu que l'essence de pétrole laisse intacts les glucosides à sénevols; cette propriété est mise à profit pour déshuiler les graines de moutarde noire en vue de la préparation des sinapismes en feuilles.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Oléacées. Développement de l'embryon chez le* Ligustrum ovalifolium *Hassk.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les quelques figures que A. Andersson (¹) nous a laissées, représentant, à des stades différents, l'embryon du *Syringa vulgaris*, du *Fraxinus excelsior*, du

(1) *Lunds Univ. arsskrift*, N. F., 27, 1931, p. 7.

Jasminum Beesianum et du *Ligustrum Ibota*, indiqueraient que le mode de construction des formes, chez les Oléacées, manque vraiment de simplicité et de fixité. Chez le *Ligustrum ovalifolium*, j'ai pu cependant observer une série assez constante de divisions qui me permet de dégager des lois générales et, en même temps, de définir un nouveau type embryonomique.

Il se constitue, aux dépens de l'œuf, une tétrade linéaire *première* (*fig.* 3) dont les deux éléments supérieurs, *cc* et *cd*, par divisions transversales, donnent une tétrade linéaire *seconde* (*fig.* 5 à 8). A ce stade, le proembryon, dans son ensemble, se montre parfois

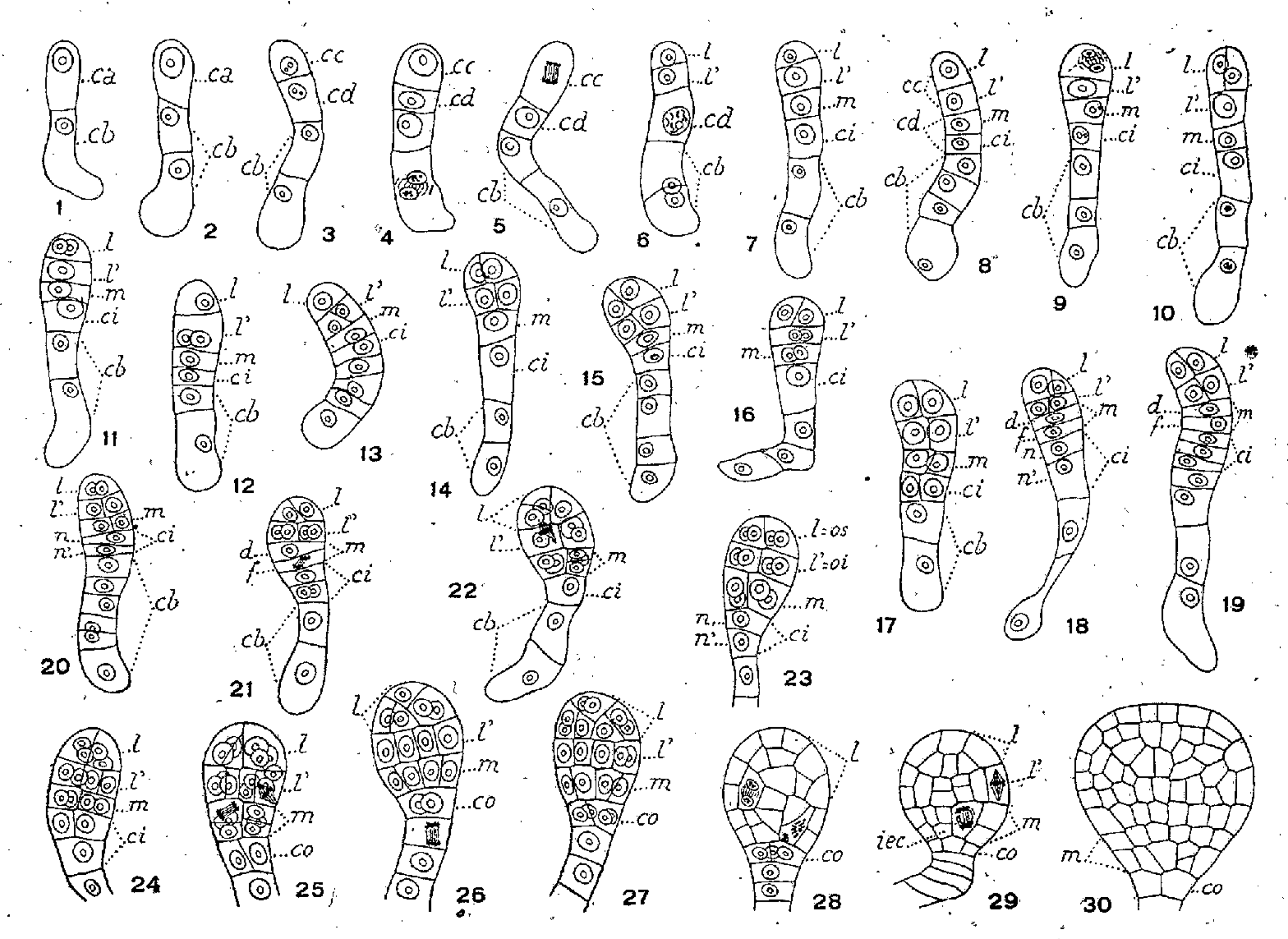


Fig. 1 à 30. — *Ligustrum ovalifolium* Hassk. Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*, mères de la tétrade linéaire seconde; *l*, cellule terminale de cette tétrade, donnant les octants supérieurs, *os*, puis la partie cotylée; *l'*, cellule sub-terminale engendrant les octants inférieurs, *oi*, puis la moitié supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule dite moyenne de la tétrade seconde, produisant la moitié inférieure de l'hypocotyle; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *ci*, cellule inférieure de la tétrade seconde donnant le primordium de la coiffe et parfois quelques éléments du suspenseur; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *iec*, initiales de l'écorce à l'extrémité radiculaire; *co*, primordium de la coiffe. G. = 290.

octocellulaire, avec huit éléments superposés (*fig.* 8), mais il est le plus souvent hexacellulaire, la cellule basale n'ayant produit que deux éléments, tandis que quatre naissaient aux dépens de la cellule apicale. Seule la tétrade linéaire *seconde* contribue à la construction du corps embryonnaire; les éléments issus de la cellule basale ne fournissent que la partie inférieure du suspenseur.

En général, les trois blastomères supérieurs, *l*, *l'* et *m*, par cloisons méridiennes cruciales donnent deux, puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 11 à 15, 17, 20, 23, 24); celles-ci prennent ensuite des cloisons le plus souvent péricIines et produisent finalement,

les premières, dérivées de *l*, la partie cotylée, les deuxièmes, issues de *l'*, la moitié supérieure de l'hypocotyle, les troisièmes, tirant origine de *m*, la moitié inférieure de la même région embryonnaire avec les initiales du périblème et du plérome à l'extrémité radiculaire (*fig.* 25 à 29). Quelquefois, le blastomère *l* peut se diviser obliquement (*fig.* 16, 21) et amener ainsi, au sommet, la formation d'une cellule épiphysaire (*fig.* 22, 26, 27); quelquefois également, des parois transversales peuvent, dans l'intérieur de *m*, précéder les parois longitudinales (*fig.* 18, 19, 20, 22 à d., 25), sans que les destinées de ce blastomère le trouvent modifiées.

L'élément *ci* de la tétrade *seconde* (*fig.* 8, 9) se segmente le plus souvent transversalement (*fig.* 18 à 21, 23), mais il peut aussi se diviser verticalement (*fig.* 17). Dans le premier cas, il donne naissance à la portion médiane de la coiffe et à quelques éléments de suspenseur; dans le deuxième cas, il produit le primordium de la coiffe seulement. Le suspenseur reste filamenteux, peu développé et sans signification apparente.

La cellule basale du proembryon bicellulaire ne contribuant nullement à la construction de l'embryon, le *Ligustrum ovalifolium* représente un type embryonomique qui vient se ranger dans la deuxième division de la classification périodique. D'autre part les destinées de la cellule *ed* permettent de rattacher ce type au mégarchétype III; enfin le mode de cloisonnement des deux cellules supérieures, *l* et *l'* de la tétrade linéaire *seconde* assigne, à ce type, sa place dans le 11ᵉ groupe, pour la généralité de ses formes, dans le 13ᵉ, pour certaines autres [2].

On ne peut manquer d'être frappé des ressemblances qu'offrent les formes proembryonnaires du *Ligustrum ovalifolium* avec celles qui ont été observées chez certains *Solanum*, le *Carum Carvi*, le *Sherardia arvensis*, l'*Echium vulgare*, partout où il apparaît un proembryon octocellulaire à huit étages. Si les destinées des étages supérieurs n'ont pu, dans ces divers cas, être nettement déterminées, c'est que, à côté de ces proembryons à huit étages, il s'en constitue d'autres à six et sept étages rendant tout à fait hypothétique l'interprétation des formes plus âgées.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La production du rachitisme expérimental est-elle spécifiquement liée au déséquilibre phosphocalcique de la ration?* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

La production du rachitisme expérimental chez le Rat blanc apparaît liée à un ensemble de conditions également indispensables : 1° animaux pris au sevrage et élevés à l'abri de la lumière directe; 2° carence du régime en vitamine D; 3° apport d'une suffisante proportion de vitamine A; 4° déséquilibre phosphocalcique important de la ration, habituellement dû à un taux élevé de calcium et une carence relative en phosphore. Le rapport Ca/P qui traduit ce déséquilibre est alors plus grand que 2. Nous avons récemment montré que peu importe alors la nature du sel de calcium présent et que seul le radical phosphorique doit être en carence relative, un taux élevé de

(2) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, II, Paris, 1939, p. 83.

phosphore sous forme d'hypophosphite (par exemple) n'empêchant pas la production du rachitisme [1]. Il est généralement admis que le rapport Ca/P peut tomber bien au-dessous de 0,5 et aboutir ainsi à la production des lésions rachitiques chez le Rat. Les expériences sur lesquelles se fonde cette affirmation sont dues à Pappenheimer, Mc Cann et Zucker qui montrèrent qu'un régime riche en phosphate bipotassique et pauvre en calcium, dont le rapport Ca/P est égal à 0,03, peut entraîner chez le Rat l'apparition d'un rachitisme expérimental typique; mais celui-ci ne fut observé nettement que deux fois sur 14 animaux semblablement traités [2].

La valeur du rapport Ca/P se trouvant limitée aux dérivés de l'anhydride phosphorique pour les taux élevés et les observations sur les taux très bas ne semblant pas très démonstratives, il nous a semblé opportun d'étendre les essais précédemment rappelés afin de rechercher si le déséquilibre minéral responsable du rachitisme expérimental du Rat est bien le déséquilibre phosphocalcique habituellement incriminé. A cet effet nous avons utilisé, comme point de départ de nos rations, le régime rachitigène de H. C. Sherman et A. M. Pappenheimer [3], dans lequel Pappenheimer, Mc Cann et Zucker avaient remplacé le lactate de calcium par le phosphate bipotassique, et le régime de H. Steenbock et A. Black, à base de carbonate de calcium [4]. Ayant par ailleurs établi que l'alcalose joue un rôle important dans la production du rachitisme [5], nous avons eu l'idée de substituer aux sels calciques, ordinairement mis en œuvre, non plus du phosphate bipotassique, mais du phosphate disodique ainsi que du bicarbonate de sodium et du citrate trisodique, dont nous venions d'étudier l'action sur la montée de la réserve alcaline sanguine du Lapin [6].

Les régimes suivants furent ainsi constitués et donnés à titre exclusif à de jeunes rats blancs de 35 à 45g, maintenus à l'obscurité et recevant en outre *ad libitum* de l'eau distillée et du papier filtre.

	I.	II.	III.	IV.
Farine blanche de blé	95	0	75,9	0
Semoule de blé	0	0	0	75,9
Semoule de maïs	0	76	0	0
Poudre de gluten	0	20	20	0
Peptone de muscle	0	0	0	20
Chlorure de sodium	2	1	1	1
Citrate ferrique	0,1	0	0,1	0,1
Phosphate disodique (anhydre)	2,9	3	3	3

(1) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 688.
(2) *Journ. Exp. Med.*, 35, 1922, p. 421.
(3) *Journ. Exp. Med.*, 34, 1921, p. 189.
(4) *Journ. Biol. Chem.*, 64, 1924, p. 263.
(5) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 189; 212, 1941, p. 938.
(6) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1513.

L'apparition du rachitisme chez ces animaux se trouvait mise en évidence par des radiographies effectuées de semaine en semaine, l'examen portant principalement sur l'élargissement de la zone non calcifiée diaphyso-épiphysaire du tibia. Avec le régime I, dont le rapport Ca/P égale 0,03, les résultats obtenus furent, par leur irrégularité, assez comparables à ceux de Pappenheimer et de ses collaborateurs, un rachitisme plus ou moins net s'observant après 21 jours dans la moitié des cas environ. Dans les mêmes conditions, les régimes II et III, dérivés du régime de Steenbock et Black et dont le rapport Ca/P est voisin de 0,04, se montrèrent dépourvus d'efficacité, même quand le taux de phosphate disodique était porté à 5 %, ce qui faisait tomber le rapport Ca/P à 0,03. Par contre le régime IV, très voisin, dans lequel la peptone de muscle remplaçait la poudre de gluten, permit l'obtention d'un rachitisme typique s'observant régulièrement après une quinzaine de jours.

La substitution de citrate trisodique (anhydre) et plus encore celle de bicarbonate de sodium au phosphate disodique fournit, dans tous les cas, d'aussi bons et souvent même de meilleurs résultats, en 21 jours avec les régimes I et III, en 15 jours avec les régimes II et IV, le rachitisme obtenu avec le citrate trisodique étant toutefois moins accusé qu'avec le bicarbonate de sodium, dans le cas des régimes I et II. Les rapports Ca/P étant devenus en l'absence de phosphate disodique égaux à 0,22 et 0,15, il ne semble pas que l'exagération du déséquilibre phosphocalcique soit ici la cause du rachitisme.

Conclusions. — Toutes les autres conditions indispensables étant par ailleurs remplies, il ne suffit donc pas de provoquer un déséquilibre phosphocalcique des rations, par exagération du taux de phosphore (sous forme de phosphate disodique) par rapport au calcium, pour obtenir de manière constante, chez le Rat blanc, du rachitisme expérimental.

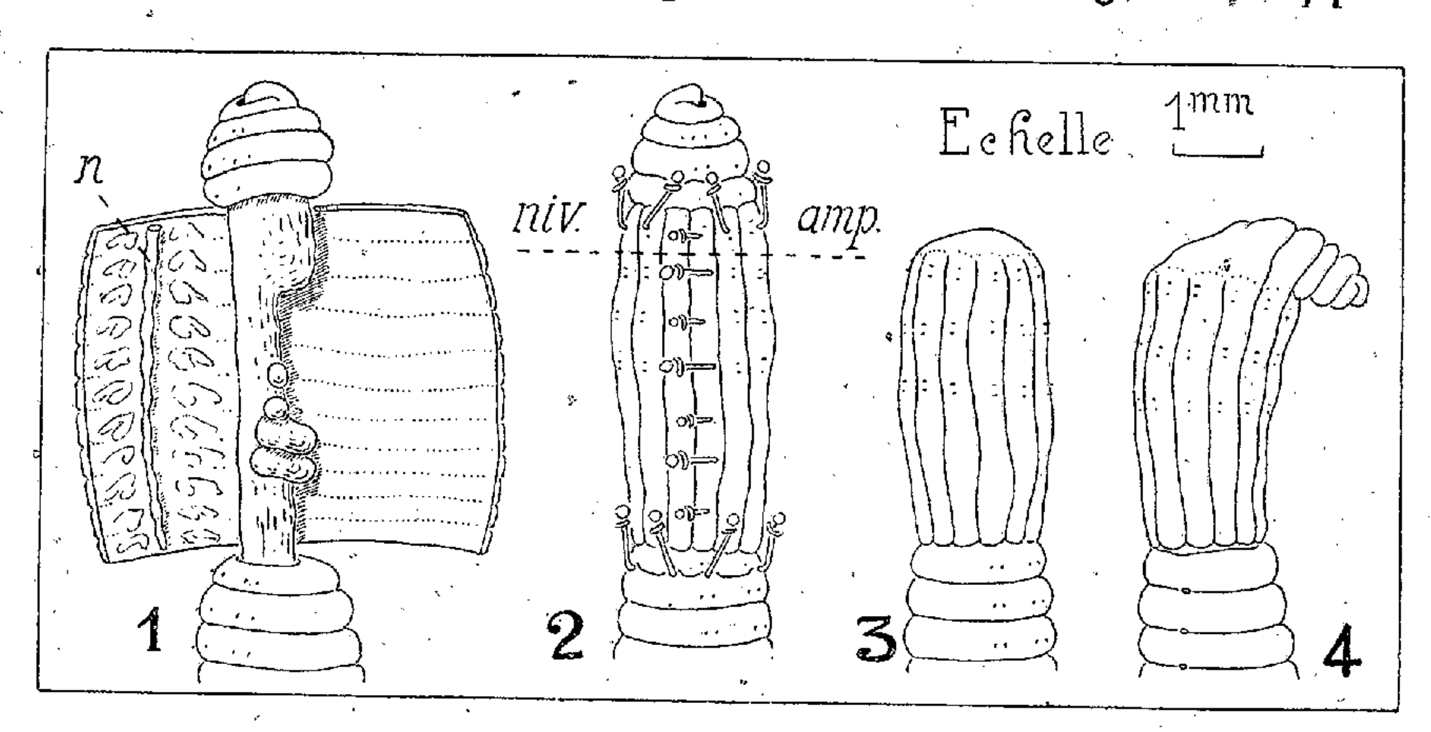
Par contre, la substitution du citrate trisodique, et mieux encore du bicarbonate de sodium au phosphate disodique, dans les mêmes rations, assure la production d'un rachitisme habituellement plus rapide et toujours très constant.

Il semble que, dans tous ces cas, aussi bien que dans le cas des régimes rachitigènes habituels comportant un large excès de sels calciques, ce ne soit pas un déséquilibre spécifiquement phosphocalcique qui entre en cause, mais plutôt un déséquilibre minéral générateur d'alcalose.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'autonomie de la différenciation des régénérats céphaliques chez les Lombrics.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. Maurice Caullery.

En vue de compléter les indications précédemment acquises (¹) sur l'indépendance de la morphologie des régénérats céphaliques des Lombrics par rapport à certains caractères structuraux des parties anciennes, j'ai réalisé, chez *Eisenia* sp., une expérience permettant d'offrir à la régénération une base dépourvue de toute analogie structurale avec une section transversale.

La paroi du corps (peau et musculature), avec la chaîne nerveuse correspondante (*n*, *fig.* 1), est détachée, chez un ver (*donneur*), du 5ᵉ au 15ᵉ segment, par deux incisions transversales, puis fendue en long, développée à plat



(*fig.* 1) et isolée. Un autre lombric (*porte-greffe*) est dépouillé à son tour de la paroi du corps, du 5ᵉ au 12ᵉ segment, mais on laisse en place sa chaîne nerveuse. Le lambeau étalé, pris au donneur, est tourné dans son plan de 90°, afin de rendre transversal son axe longitudinal; puis il est transposé sur le porte-greffe, à la place dénudée, refermé sur lui-même en un manchon cylindrique, et assujetti par 18 points de suture (*fig.* 2). Dans cette région nouvelle, les segments, déroulés et devenus longitudinaux, apparaissent comme autant de cannelures, tandis que les rangées de soies dessinent des cercles transversaux. Après guérison, les patients sont décapités par une section passant dans le greffon et parallèle aux cercles de soies (*fig.* 2, *niv. amp.*). La surface de section est ainsi constituée de deux parties différentes : *a.* la chaîne nerveuse et le tube digestif du porte-greffe restés en place, qui sont sans influence sur la morphologie des régénérats (²); *b.* une tranche de la paroi du corps

(¹) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 255; **213**, 1941, p. 460.
(²) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 447; **213**, 1941, p. 213.

(provenant du donneur), qui reste donc seule susceptible de régler l'aspect du régénérat et qui, les axes du greffon ayant été tournés de 90°, a en réalité, bien que transversale, la valeur d'une des lèvres d'une fente *exactement longitudinale*, refermée en cercle sur elle-même. Nous avons donc bien réalisé une base circulaire, mais n'offrant aucun des caractères structuraux d'une section transversale quelconque. Une variante de cette opération, conforme au même principe, a fourni de nouveaux sujets.

Au total, l'évolution de 23 opérés a pu être suivie pendant un temps suffisant (deux à trois mois). Chez tous, la plaie a été obturée par un cône surbaissé de tissus jeunes. Dans 13 cas, les tissus néoformés n'ont subi aucune différenciation (*fig*. 3). Au contraire, chez 10 sujets, il s'est formé un régénérat céphalique bien constitué, mais orienté, par rapport au reste du corps, perpendiculairement, ou très obliquement. L'étude histologique de 22 sujets a montré que, chez tous les vers dépourvus de régénérat, la chaîne nerveuse du porte-greffe, privée de ses attaches au tégument par la première opération, s'était rétractée à l'intérieur du corps, lors de la décapitation. La surface d'amputation se trouvait ainsi dépourvue d'une chaîne nerveuse sectionnée, absence qui, à elle seule, empêche le plus souvent la régénération ([3]). Au contraire, chez les sujets où la chaîne nerveuse du porte-greffe est restée affleurante à la surface de section, c'est-à-dire en l'absence de causes inhibitrices intercurrentes, il s'est toujours différencié un régénérat. La morphologie externe et interne de ces régénérats est normale, c'est-à-dire qu'ils ne diffèrent pas anatomiquement de ceux qui s'édifient après simple décapitation de sujets normaux.

En conclusion, la structure des régénérats céphaliques ne dépend d'aucune des caractéristiques structurales de la surface de section sur laquelle ils s'édifient; les régénérats semblent donc se différencier principalement sous l'action de facteurs intrinsèques. Les problèmes de polarité et d'orientation soulevés par l'expérience précédente ne sauraient être discutés dans cette brève Communication.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'ablation des corps allates au dernier âge larvaire n'affecte pas, ultérieurement, la reproduction chez* Bombyx mori. Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Selon Wigglesworth (1935), chez *Rhodnius prolixus* (Hémipt.), le *corpus allatum* sécrète une hormone sans laquelle, chez la ♀, les oocytes meurent, et, chez le ♂, les glandes accessoires restent atrophiées. Mais la technique opératoire de cet auteur est rudimentaire. Sans connaître le travail de

([3]) Voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2166.

Wigglesworth, nous indiquions, au contraire, que l'ablation élective des C. A. chez le Ver à soie, au dernier âge larvaire, n'empêchait ni la métamorphose ni, éventuellement, la reproduction (1936, puis 1938).

A la même époque, Weed-Pfeiffer (1936 et 1939), ayant imaginé une technique élective, d'ailleurs différente de la nôtre, confirmait, chez *Melanoplus differentialis*, les conclusions de Wigglesworth, et Pflugfelder (1937) confirmait les nôtres sur *Dixippus morosus*. Enfin Thomsen (1940) a obtenu, chez des Muscides adultes, un arrêt du développement ovarien, par ablation élective de leur C. A. impair médian.

Devant ces contradictions, nous avons refait une série d'expériences spécialement destinées à élucider le comportement génital des opérés.

La réalité des ablations fut rigoureusement contrôlée, chaque fois, par examen microscopique des pièces opératoires, les rares opérations douteuses éliminées.

De 44 vers opérés, ayant, lors de l'opération, de 1 à 13 jours après la dernière mue larvaire, 21 se sont chrysalidés; et, finalement, 13 papillons ont été obtenus, proportion plus forte que lors de nos premières expériences, surtout si l'on tient compte du nombre beaucoup plus grand des sujets opérés avant la fin de la période d'alimentation indispensable.

Dans la mesure où leurs émergences simultanées et leur longévité restreinte (2 à 4 jours) le permettaient, les imagos ont été appariés avec des témoins vierges, ou avec un autre opéré. Une douzaine de pontes ont été recueillies, qui ont effectué, dans des délais analogues, le même virage pigmentaire que les pontes témoins.

Une ponte provenant de géniteurs bivoltins s'est développée selon le rhythme propre à sa variété. Une ponte de variété non bivoltine a répondu au traitement bivoltinisant comme des pontes témoins : nous avons élevé les descendants de ces pontes qui ont vécu normalement et ont, à leur tour, pondu des œufs, conservés.

Ainsi, confirmation accrue de nos premières expériences; et il est surprenant que Weed et Thomsen observent, après une ablation tardive (chez l'imago), une perturbation plus importante que nous n'en observons après une opération beaucoup plus précoce. Les causes des divergences ne peuvent être discutées longuement ici. Toutefois, se borner à invoquer un rôle différent des C. A. suivant les ordres, voire les espèces, est un argument de facilité, à retenir seulement après échec de toute autre tentative d'explication.

On peut envisager : 1° des différences de technique entraînant des lésions insoupçonnées; 2° une hypotrophie générale post-opératoire des sauterelles et des mouches, qui, à l'inverse des Lépidoptères, doivent s'alimenter à l'état d'imago pour être aptes à se reproduire. Weed et Thomsen indiquent bien que leurs opérés sont *capables de manger*, mais peut-être ont-ils cependant

subi un déficit alimentaire. Signalons, à cet égard, que certaines femelles n'ayant pu suffisamment s'alimenter après nos opérations, mais parvenues néanmoins à l'état d'imago, pondirent des œufs de taille nettement inférieure à la normale, et que de tels faits s'observèrent chez nos témoins jeûneurs; 3° enfin, le C. A. de l'adulte n'est peut-être pas l'équivalent anatomique du C. A. larvaire. Il comporte peut-être des éléments glandulaires nouveaux, qui restent disséminés, mais actifs, dans l'organisme, si le C. A. larvaire manque lors des remaniements qui accompagnent l'apparition de l'état adulte chez tous les Insectes (hémimétaboles comme holométaboles).

Nous poursuivons nos recherches dans ce sens.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *E. Fichot* :

En première ligne............	M. **Emmanuel de Martonne**.
En seconde ligne............	M. **André Courtier**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*.........	MM. **Henri Roussilhe**. **Pierre Tardi**. **Jean Vignal**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la séance du mardi 27 octobre.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 27 OCTOBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE FLORALE. — *Sur un cas nouveau de xénie chez le Tournesol* (Helianthus annuus *L.*). Note de M. **Louis Blaringhem**.

En juillet 1940, j'ai fait, dans des magasins de Bordeaux, puis d'Angers, une emplette de 13 lots de graines de Tournesol destinées aux Perroquets; semés le 25 juillet à l'Arboretum Allard à Angers, deux seulement ont donné des plantules et l'un, provenant de Bordeaux, en assez grand nombre pour qu'il fût possible d'en obtenir des lignées, sélectionnées alors et depuis, en vue de la production d'huile. A la vérité, la population, d'origine incertaine, qui est à l'épreuve, a donné des résultats inattendus dès 1941, et la sélection en cours fournit des plantes très vigoureuses, à tiges fortes et raides, plutôt courtes ($1^m,80$ à 2^m), terminées par de très lourds capitules de 30 à 35^{cm} de diamètre donnant souvent plus de 400 graines; la dominance des capitules isolés y est bien accusée, contrairement à l'observation de G. H. Shull (*Bot. Gazette*, 45, p. 103); mais, dans une autre série d'expériences, faites à la Station Berthelot à Bellevue (S.-et-O.) avec des graines d'origine horticole et de différentes variétés, la dominance contraire des tiges nettement ramifiées sur les tiges simples a pu être constatée. C'est dire que la lignée bordelaise, point de départ de la sélection poursuivie à Angers, présente quelques particularités originelles. Je l'ai constaté dès le mois de décembre 1940, ayant obtenu, ce qui est une anomalie rare pour la famille des Composées, des akènes doubles. Depuis, mes sélections dans cette voie me permettent d'affirmer que l'hérédité de ce dernier caractère s'est tellement accusé en deux générations que j'obtiendrai sous peu une race riche en cette anomalie, observée très rarement et, pour *Helianthus annuus*, à ma connaissance, une seule fois par Schlotthauber (1860).

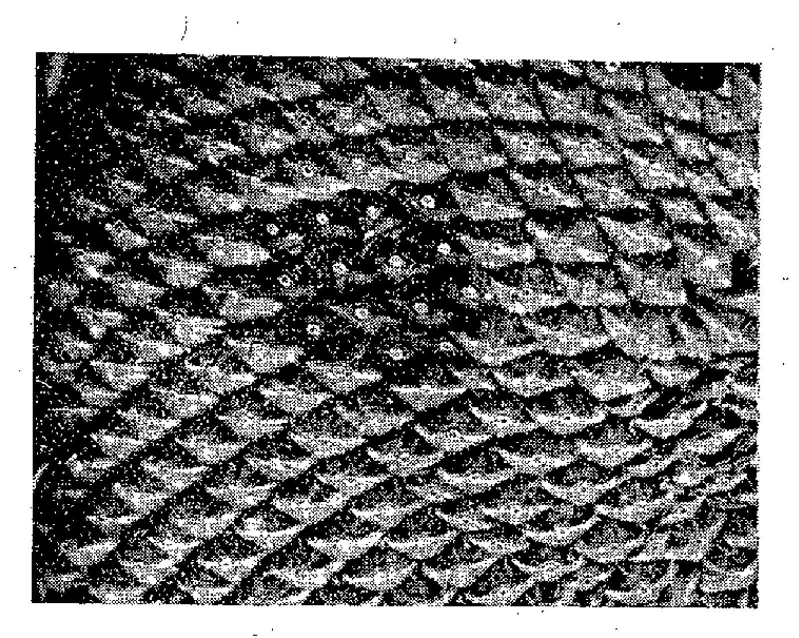
Pour l'ensemble des autres caractères floraux, la population sélectionnée à Angers est relativement homogène; il n'y a pas eu de traces de duplicature par métamorphose des fleurons tubulés en fleurons ligulés; ceux-ci sont larges et bien étalés, sur un rang et relativement dispersés, ce qui tient à la forte taille des disques florifères; pas de proliférations centrales, si fréquentes pour les Composées soumises à une fumure exagérée; pas de métamorphose dans

le développement des bractées séparant les fleurons des capitules. Sur plus de 400 plantes examinées avec soin, 7 ont montré la dislocation du capitule terminal en 2 et même, deux fois, en 3 secteurs, les bractées protectrices des fleurons ligulés ayant pénétré jusqu'au centre des capitules; cette anomalie, très fréquente, signalée par Sachs dans son *Traité de Botanique*, est attribuée à la lésion accidentelle du point végétatif de l'influorescence suivie de la régénération d'une zone méristématique annulaire ou linéaire dans le voisinage immédiat du point lésé; cette altération est souvent observée chez les Pâquerettes (*Bellis perennis*) foulées au pied.

Les akènes de la population sélectionnée sont, dans l'ensemble, très homogènes; leur contour oblong, pyriforme, marqué nettement par deux ailes, accuse la compression caractéristique du pourtour du disque sur l'évolution des ovaires fécondés, et les amandes comprimées ne remplissent qu'imparfaitement la loge unique des deux carpelles accolés. En zone moyenne des capitules, les dimensions des akènes sont : hauteur 13^{mm}, largeur maxima 8^{mm}, épaisseur maxima 5^{mm}, ces deux dernières dimensions prises au cinquième de la hauteur totale sous la cicatrice ovale gris blanc laissée par la chute des fleurons. Les bords latéraux des akènes sont blanc nacré, la surface des valves d'un brun terreux, striée de fines génératrices blanc nacré en nombre très variable (3 à 15 par valves et plus ou moins étalées). Dans le lot initial, il n'y avait aucune graine blanche; après deux années de sélection, portant sur près de 1000 capitules, j'ai obtenu 6 capitules à graines blanc nacré sans stries brunes apparentes, toujours avec une réduction sensible dans la taille et dans la consistance ligneuse des valves protectrices de l'embryon, lui aussi réduit en épaisseur et en volume.

Les observations faites en 1941, à la récolte, n'ont montré aucune trace apparente de xénie; dans l'examen des 467 capitules, préparant le choix des semences pour 1942, deux capitules seulement ont montré la xénie. Je n'insisterai pas sur les caractères du capitule disloqué en trois secteurs et présentant des bractées rayonnantes jusqu'au centre du capitule sans doute altéré, comme il a été dit plus haut, avec régénération de la zone méristématique centrale; tout le long des bractées les akènes sensiblement plus petits que la moyenne avaient pour partie la teinte brune foncée qui peut être ici due à une altération locale des fleurons tardifs. Un seul capitule, parfaitement conformé, montre, au tiers environ du rayon, une plage de 15 graines noires formant tache sur l'ensemble (voir la figure). Or ces akènes bien conformés, disposés régulièrement sur les rangées d'autres akènes du type maternel, traduisent l'intervention d'un insecte, sans doute *Bombus terrestris*, qui visite les capitules en miellée du Tournesol; le résultat est la production d'un hybride F_1 distinct, dès la fécondation, des graines sœurs fécondées par le pollen de la population sélectionnée. Le virage au noir franc rappelle le cas très rare, et que je n'ai pu réaliser jusqu'ici, du virage au noir moucheté du raisin blanc pollinisé

par la Vigne Teinturier, signalé par quelques auteurs (Godron, *Metzger Landw. pflanzenkunde*, II, 1874, pp. 913 et 917), dont l'effet a été rapproché du cas bien évident de la xénie du Maïs sucré pollinisé par le Maïs amylacé.



Tache de xénie présentée par 15 akènes de Tournesol à graines striées de blanc par la visite d'insecte porteur de pollen étranger.

Ici il y a plus; l'ovaire du Tournesol, comme celui de la Vigne, a pris les caractères de l'ovaire paternel, sa couleur et sa taille réduite (longueur 11^{mm}, largeur 6^{mm}, épaisseur $4^{mm},5$) entraînant une dénivellation des akènes de plusieurs millimètres; l'étude des embryons ne peut être faite sans dommage qu'à l'époque des semailles.

Dans aucune des cultures de l'Arboretum Allard, il n'y a eu de plantes de Tournesol à fruits noirs; l'Helianthi à graines noires était cultivé dans le voisinage pour la production de graines, obtenues en abondance au cours de cette saison de forte sécheresse. Je soupçonne plutôt, en raison de la régularité de la formation des akènes hybrides, l'intervention d'une race étrangère à mes cultures, à graines noires, dont je fais suivre la génétique à la Membrolle, à 15^{km} au nord d'Angers. Les expériences qui seront tentées l'été prochain nous donneront la solution de cet intéressant problème.

M. **Maurice Roy** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Du type classique au type futur de la locomotive à vapeur*.

M. **Charles Jacob** signale la publication des deux dernières feuilles (*Oran Nord* et *Oran Sud*) de la *Carte géologique au* 1:500000e *de l'Algérie*. Elles s'ajoutent aux quatre autres (Constantine Nord et Sud, Alger Nord et Sud) parues précédemment (1), pour constituer un panneau qui résume plus de cent années d'explorations et de travaux. Cette carte d'ensemble de l'Algérie fait le plus grand honneur à son *Service géologique*, dirigé par M. G. Betier, Ingénieur en Chef des Mines, et à tous ses Collaborateurs.

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 358; **206**, 1938, p. 875.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *E. Fichot* décédé.

Le nombre de votants étant 43,

M. Emmanuel de Martonne	obtient...........	29 suffrages
M. André Courtier	»	10 »
M. Henri Roussilhe	»	2 »
M. Jean Vignal	»	1 suffrage

Il y a 1 bulletin nul.

M. **Emmanuel de Martonne**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie en remplacement de M. *P. Marchal* décédé.

Le nombre de votants étant 43,

M. Louis Fage	obtient..............	24 suffrages
M. Christian Champy	»	18 »
M. Étienne Rabaud	»	1 suffrage

M. **Louis Fage**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

CORRESPONDANCE.

M. **Albert Portevin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par le décès de M. *M. Laubeuf*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E.-G. Dehaut. *Lacrymaux d'un Pécari à lèvres blanches* (Dicotyles labiatus *Cuvier*) rappelant, par certains traits, les Lacrymaux de l'*Hippopotamus* (*Chœropsis*) *Liberiensis* Morton.

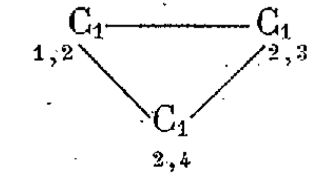
2° L. Justin-Besançon et A. Lwoff. *Vitamine antipellagreuse et avitaminoses nicotiniques* (présenté par M. M. Javillier).

3° A. GUILLAUMIN. *Ce qu'il faut savoir pour récolter, préparer, expédier, conserver et présenter les plantes et objets d'origine végétale* (présenté par M. A. Chevalier).

GÉOMÉTRIE. — *Remarques sur la détermination des plans multiples représentant une surface algébrique.* Note de M. **BERNARD D'ORGEVAL** (¹), présentée par M. Élie Cartan.

1. Le problème consistant à caractériser les courbes de diramation d'un plan multiple n-uple a été résolu par O. Chisini (²), qui a donné un procédé permettant de construire ces courbes. Nous nous proposons ici d'examiner l'application de cette méthode en construisant (par projection) les plans multiples correspondant à certaines surfaces F particulières (dont nous supposerons qu'elles n'ont, comme singularités, que des courbes doubles, et sont d'autre part régulières et non développables) : nous serons ainsi conduit à certaines extensions du procédé de Chisini.

2. Si F est la surface de Veronese dans S_5, on obtient un plan quadruple dont la courbe de diramation se compose de trois droites sur lesquelles se permutent respectivement les déterminations 1 et 2, 2 et 3, 2 et 4 : nous représenterons la courbe de diramation d'un tel plan multiple par le schéma



et nous dirons qu'il constitue un *plan multiple à feuillets enchevêtrés*. Bien que ce type ne rentre pas dans ceux de Chisini, où les feuillets se suivent régulièrement, les conditions d'invariance d'Enriques sont toujours vérifiées.

3. Prenons maintenant une surface F *rationnelle et à sections elliptiques*. Pour le degré 5, on est amené, afin d'avoir entre les différentes courbes de diramation des intersections en nombre voulu, à considérer des plans multiples à feuillets enchevêtrés, mais alors se présentent des droites avec trois et quatre points de diramation, alors qu'une courbe d'ordre n, comptée deux fois, possède au plus $2n^2$ points de diramation.

On fait disparaître cette difficulté en considérant une *ligne de diramation se composant d'une courbe et de ses bitangentes, avec des échanges de déterminations différents sur les différentes portions d'une bitangente délimitées par les points de contact.*

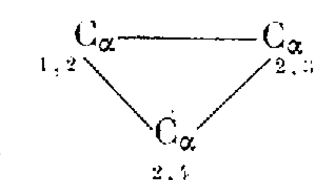
De même, la considération d'une *surface dont tous les genres sont* 1, à laquelle on impose un certain nombre de points doubles, conduit à une ligne

(¹) La présente Note est un résumé, qui veut être aussi fidèle que possible, d'un Mémoire plus développé transmis par l'auteur.

(²) *Rendic. R. Ac. dei Lincei*, série 6*a*, **19**, 1934, pp. 688 et 766; **23**, 1936, p. 22.

de diramation se composant de plusieurs courbes tangentes, avec des échanges différents sur chacune des portions limitées par les points de contact.

4. Un problème intéressant consiste à construire la surface F à partir du plan multiple correspondant (la surface peut posséder des points multiples isolés, mais ceux-ci sont centres de projection). *Tout plan quadruple du type*



représente une surface d'ordre $\alpha + 3$ *de* S *possédant trois points d'ordre* $\alpha - 1$. Dans le même ordre d'idées, il y a lieu de remarquer qu'il est possible de trouver des décompositions de Chisini, pour la ligne de diramation d'un plan quadruple, différentes selon les valeurs des caractères p_2 et $\overline{p_1}\,(>1)$.

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur dans le Sud-Ouest de la France effectuées en juin, juillet et août* 1941. Note de M. **Raoul Goudey**, présentée par M. Georges Perrier.

Le tableau suivant donne les valeurs de l'intensité de la pesanteur déterminées du 14 juin au 23 août en un certain nombre de stations situées dans le Sud-Ouest de la France.

Les opérations ont été exécutées et les tableaux numériques des observations rédigés comme il est indiqué dans ma Note du 12 octobre 1942.

Date. 1941.	Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g observé.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	g_1-g_2
		° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals
14 juin	*Auch*	–	–	–	980,447	980,498	980,480	980,507	— 9	—27	+ 1
14 »	*Vic-Fezensac*	–	–	–	475	513	499	518	— 5	—19	— 2
15 »	Marambat	0 18,7 E	43 46,7	138	473	516	500	519	— 3	—19	— 1
15 »	Mourède	0 17,7	48,1	124	479	517	503	521	— 4	—18	+ 3
16 juin	Dému	0 9,7 E	43 45,8	154	980,465	980,513	980,496	980,518	— 5	—22	— 1
16 »	Daugue	0 11,8	46,2	217	453	520	496	518	+ 2	—22	— 1
16 »	Bascous	0 8,7	47,9	179	462	517	497	521	— 4	—24	— 2
17 »	Lagraulas	0 14,2	46,0	179	461	516	496	518	— 2	—22	0
17 »	Lannepax	0 13,6	48,1	182	465	521	501	521	0	—20	— 3
18 juin	*Vic-Fezensac*	–	–	–	980,474	980,512	980,498	980,518	— 6	—20	— 1
18 »	Ramouzens	0 11,0 E	43 48,9	167	468	520	501	522	— 2	—21	–
18 »	Noulens	0 9,8	48,6	170	465	518	499	522	— 4	—23	+ 1
19 »	*Eauze*	–	–	–	473	524	506	527	— 3	—21	+ 6
19 »	Saint-Amand	0 7,7	51,0	140	475	518	502	526	— 8	—24	+ 3
19 juin	*Pleu*	0 7,0 E	43 51,5	170	980,465	980,518	980,499	980,526	— 8	—27	— 1
20 »	Réans	0 1,9	51,7	139	474	517	501	527	—10	—26	+ 2
20 »	*Pleu*	–	–	–	464	517	498	526	— 9	—28	+ 3
21 »	Sauboires	0 1,7	50,1	148	466	512	495	524	—12	—29	0
21 »	Manciet	0 2,4	48,0	140	467	510	494	521	—11	—27	0
21 juin	Espas	0 3,9 E	43 46,9	146	980,463	980,508	980,492	980,519	—11	—27	+ 3
22 »	Bourouillan	0 1,0 W	49,2	165	461	512	494	523	—11	—29	— 1
23 »	Ayzieu	0 1,2	51,9	137	472	514	499	527	—13	—28	— 1
23 »	Ste-Christie d'Armagnac	0 0,6	47,1	141	467	511	495	520	—10	—26	+ 1
24 »	*Nogaro*	–	–	–	471	505	493	517	—12	—24	— 2

Date. 1941.	Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g observé.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	g_1-g_2.
		° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals
24 juin	Salles d'Armagnac	0 2,5 W	43 48,8	118	980,475	980,512	980,499	980,522	—10	—23	— 1
24 »	L'Hôpital	0 0,8 E	47,0	137	467	509	494	520	—11	—26	— 1
24 »	Cravencères	0 2,2 E	46,0	149	463	509	492	518	— 9	—26	— 2
25 »	Monlezun d'Armagnac	0 9,0 W	49,5	115	475	510	497	523	—13	—26	— 5
25 »	Lau	0 6,4	47,2	139	470	513	497	520	— 7	—23	— 1
26 juin	Magnan	0 7,5 W	43 46,3	132	980,465	980,506	980,491	980,519	—13	—28	+ 2
26 »	Le Houga	0 10,8	46,6	146	460	505	489	519	—14	—30	0
27 »	Caupenne d'Armagnac	0 4,2	47,3	119	470	507	493	520	—13	—27	— 1
27 »	Laujuzan	0 6,9	48,4	126	472	511	497	522	—11	—25	— 2
27 »	Panjas	0 5,5 W	49,3	123	472	510	496	523	—13	—27	— 4
28 juin	*Nogaro*	–	–	–	980,471	980,505	980,493	980,517	—12	—24	— 2
28 »	Aignan	0 5,0 E	43 42,0	177	448	503	483	512	— 9	—29	— 2
30 »	Roques	0 17,8	51,0	177	469	524	504	526	— 2	—22	— 1
30 »	Cadignan	0 15,2	50,3	141	476	520	504	525	— 5	—21	[illegible]
1 juill.	Lagardère	0 19,3	50,6	192	468	527	506	525	+ 2	—19	— 1
1 juill.	Courrensan	0 14,5 E	43 51,1	142	980,472	980,516	980,500	980,526	—10	—26	— 2
19 »	*Vic-Fezensac*	–	–	–	476	514	500	518	— 4	—18	+ 2
19 »	Ayguetinte	0 25,6	50,0	109	489	523	511	524	— 1	—13	— 3
20 »	Larroque-Saint-Sernin	0 27,9	49,6	145	477	522	506	524	— 2	—18	0
20 »	*Castéra-Verduzan*	–	–	–	486	523	510	522	+ 1	—12	+ 5
21 juill.	Cassaigne	0 20,0 E	43 54,6	139	980,487	980,530	980,514	980,531	— 1	—17	+ 2
21 »	Beaucaire	0 23,1	50,3	96	490	520	509	525	— 5	—16	+ 2
21 »	Pardeilhan	0 20,8	50,2	183	474	530	510	524	+ 6	—14	— 2
22 »	*Valence-sur-Baïse*	–	–	–	487	524	511	529	— 5	—18	+ 4
22 »	Béraut	0 24,4	55,1	124	490	528	514	532	— 4	—18	+ 1
22 juill.	Herret	0 23,0 E	43 55,1	133	980,489	980,530	980,515	980,532	— 2	—17	+ 4
23 »	*Condom*	–	–	–	503	530	520	536	— 6	—16	0
23 »	Caussens	0 25,4	56,6	205	473	536	513	534	+ 2	—21	+ 2
23 »	Saint-Orens	0 25,9	55,0	174	477	531	511	532	— 1	—21	+ 2
25 »	Canes	0 22,1	44 0,3	**159**	492	541	523	540	+ 1	—17	+ 4
25 juill.	Moncrabeau	0 22,2 E	44 2,1	102	980,509	980,540	980,529	980,542	— 2	—13	0
26 »	*Mézin*	0 15,4	3,4	112	507	542	529	544	— 2	—15	+ 2
26 »	Villeneuve-de-Mézin	0 14,8	1,0	98	506	536	525	541	— 5	—16	+ 2
26 »	Lannes	0 17,5	2,1	104	507	539	527	542	— 3	—15	— 3
27 »	Cieuse	0 13,2	4,0	78	515	539	530	545	— 6	—15	— 1
27 juill.	Andiran	0 16,6 E	44 5,9	113	980,510	980,545	980,532	980,548	— 3	—16	+ 2
28 »	*Nérac*	0 20,3	8,9	62	523	542	535	553	—11	—18	+ 1
28 »	Le Fréchou	0 19,0	5,2	108	508	542	530	547	— 5	—17	+ 2
29 »	*Mézin*	–	–	–	510	545	532	544	+ 1	—12	+ 2
29 »	Poudenas	0 12,6	2,8	110	509	543	531	543	0	—12	— 1
29 juill.	Sos	0 8,4 E	44 2,5	123	980,503	980,541	980,527	980,543	— 2	—16	0
29 »	Saint-Pé	0 6,1	44 0,3	**133**	501	542	527	540	+ 2	—13	0
30 »	*Montréal-du-Gers*	–	–	–	496	530	518	535	— 5	—17	— 1
30 »	Labarrère	0 8,7	43 57,7	161	485	535	517	536	— 1	—19	— 1
31 »	Balarin	0 14,9	58,0	134	492	533	518	536	— 3	—18	+ 1
31 juill.	*Condom*	–	–	–	980,503	980,530	980,520	980,536	— 6	—16	— 1
1 août	Scieurac	0 24,9 E	43 59,0	149	495	541	524	538	+ 3	—14	0
1 »	Ligardes	0 28,9	44 2,4	167	493	545	526	543	+ 2	—17	0
2 »	Saint-Cirice	0 24,2	2,5	174	497	551	531	543	+ 8	—12	+ 3
2 »	Lialores	0 24,0	44 0,7	176	492	546	526	540	+ 6	—14	+ 1
4 août	Blaziert	0 28,7 E	43 56,0	178	980,481	980,536	980,516	980,533	+ 3	—17	— 1
7 »	*Fleurance*	–	–	–	491	520	509	526	— 6	—17	0
7 »	Pauilhac	0 36,6	52,6	147	482	527	511	528	— 1	—17	+ 1
7 »	Aurenque	0 39,7	53,5	92	491	519	509	529	—10	—20	— 1
8 »	Brugnens	0 43,5	50,5	189	471	529	508	525	+ 4	—17	— 3

Date. 1941.	Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g observé.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	g_1-g_2.
		° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals
8 août	Saint-Clar	0 46,1 E	43 53,5	162	980,474	980,524	980.506	980,530	— 6	—24	— 1
8 »	Castelnau d'Arbieu	0 42,2	53,0	204	466	529	506	529	0	—23	— 1
9 »	Urdens	0 42,0	51,4	149	477	523	506	526	— 3	—20	+ 5
9 »	L'Isle-Bouzon	0 43,7	55,6	168	477	529	510	533	— 4	—23	+ 1
9 »	Gramont	0 45,9	56,2	172	477	530	511	533	— 3	—22	+ 2
11 août	Saint-Léonard	0 46,2 E	43 51,6	192	980,468	980,527	980,506	980,527	0	—21	— 2
11 »	Cadeilhan	0 46,2	49,8	188	462	520	499	524	— 4	—25	+ 1
11 »	Montfort	0 49,3	47,7	160	467	516	498	521	— 5	—23	— 1
12 »	Mauvezin-du-Gers	0 52,5	43,9	141	468	512	496	515	— 3	—19	— 3
13 »	Serempuy	0 49,4	45,7	197	462	523	502	518	+ 5	—16	— 2
13 août	Goutz	0 44,0 E	43 48,3	197	980,463	980,524	980,502	980,522	+ 2	—20	+ 4
13 »	Céran	0 41,1	49,1	111	479	513	501	523	—10	—22	+ 1
14 »	*Fleurance*	–	–	–	491	520	509	526	— 6	—17	— 1
16 »	*Tourrenquets*	0 41,4	45,2	205	462	525	502	517	+ 8	—15	+ 2
16 »	Puycasquier	0 44,8	44,8	268	445	528	498	517	+11	—19	+ 5
17 août	Saint-Sauvy	0 49,1 E	43 41,7	168	980,460	980,512	980,493	980,512	0	—19	+ 3
18 »	Crastes	0 43,7	43,5	253	442	520	492	514	+ 6	—22	+ 3
19 »	*Auch*	–	–	–	444	495	477	507	—12	—30	+ 4
19 »	Mirepoix	0 40,3	44,6	158	462	511	493	516	— 5	—23	— 2
19 »	Gavarret	0 38,8	46,2	*142*	470	514	498	518	— 4	—20	–
20 août	Casteljaloux	0 36,9 E	43 46,2	109	980,480	980,514	980,502	980,518	— 4	—16	— 1
20 »	Miramont	0 40,9	46,4	168	467	519	500	519	0	—19	— 3
20 »	*Tourrenquets*			–	458	521	498	517	+ 4	—19	0
21 »	*Montestruc*	–	–	–	483	515	503	521	— 6	—18	+ 2
21 »	Préchac	0 34,5	47,5	*176*	470	524	504	520	+ 4	—16	+ 5
21 août	Puységur	0 36,3 E	43 46,7	*165*	980,472	980,523	980,505	980,519	+ 4	—14	+ 1
22 »	Sainte-Christie	0 37,9	45,3	155	467	515	498	517	— 2	—19	— 1
22 »	Arcamont	0 36,7	44,5	114	470	505	492	516	— 1	—24	+ 2
23 »	*Auch*	–	–	–	444	495	477	507	—12	—30	–

ÉLECTROCHIMIE. — *Particularités présentées par les ions* H *et les ions* OH. Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les ions OH et H, étant les éléments constitutifs de l'eau, jouent dans l'électrolyse aqueuse un rôle particulier. On sait que leurs vitesses, dans le champ électrique, sont supérieures à celle des autres ions. J'ai montré, dans un autre Recueil [1], que l'on pouvait calculer exactement le rapport des vitesses des ions H et OH en tenant compte de résultats connus sur la grandeur absolue et sur la constitution triangulaire de la molécule d'eau.

L'eau, quoique peu dissociée, est électrolysable, mais beaucoup moins facilement que les acides et les bases, qui constituent des sources abondantes d'ions H et OH. D'autre part j'ai montré précédemment que l'électrolyse des acides forts, en milieu non agité, révèle l'existence d'une cataphorèse vers le pôle positif, cataphorèse dont j'ai précisé les circonstances.

Le but de cette Note est de montrer que ce phénomène, qui, à première vue, présente le paradoxe d'un entraînement de l'ion H en sens inverse de celui

---

(1) *Helv. Chem. Acta*, 23, 1940, p. 405.

que commande le signe de sa charge, peut être expliqué par la théorie d'Arrhenius complétée au moyen de l'hypothèse de l'hydratation des ions.

Considérons, en effet, un acide fort RH dissous dans l'eau. Sous l'influence d'un champ électrique, l'ion R est entraîné vers le pôle + où il va s'accumuler. L'ion H avec son cortège moléculaire d'eau est attiré vers le pôle —. Au contact de la cathode son eau d'hydratation, qui le garantit de l'approche de cette électrode, est décomposée en H qui se dégage et OH qui se combine à l'ion H régénérant ainsi une molécule d'eau. Les ions H apportent donc incessamment de l'eau contre la cathode qui, pendant la durée de l'électrolyse, se trouve ainsi plongée dans de l'eau pure et non plus dans l'acide. L'électrolyse cathodique d'une solution acide se produit donc par l'intermédiaire d'une couche d'eau dont l'apport est continu. Considérons l'électrolyse dans la couche d'eau; quand cette dernière gagne un ion H venant de la solution acide, elle en perd un en même temps au contact de la cathode par dégagement d'hydrogène; donc le nombre d'ions H de la couche d'eau est constant. Pendant ce temps, l'ion R se meut vers l'anode avec une vitesse propre dont les facteurs principaux sont la température, sa grosseur, le nombre de molécules d'eau qu'il entraîne, le champ dans la couche acide et la viscosité du milieu. Or 1° le nombre d'ions H et le nombre d'ions R dans la solution initiale sont égaux; 2° la couche aqueuse ne gagne pas d'ions H et les ions R et les ions H restent en nombre égal dans la couche acide. Il en résulte que, si la concentration reste constante au voisinage de la surface de séparation, cette dernière se déplacera avec la vitesse de l'ion R.

En supposant le vase à électrolyse disposé de telle façon que les produits formés restent classés par densité, que les électrodes soient parallèles et planes, le déplacement se produit par couches parallèles en raison de la symétrie. Au début de l'expérience, le champ dans la couche acide est uniforme; donc tous les ions R ont la même vitesse à toutes les profondeurs; aussi tant qu'on est loin de l'anode, la concentration reste uniforme d'une couche à l'autre, ce qui justifie la proposition énoncée plus haut.

On peut faire exactement le même raisonnement avec l'ion OH et appliquer aux bases fortes tout ce qui vient d'être dit pour les acides forts.

Il résulte de cette analyse que la cataphorèse des acides et des bases fortes, facile à constater par l'expérience, est une conséquence directe de la théorie d'Arrhenius complétée par l'hypothèse de l'hydratation ionique.

Il y a lieu de remarquer qu'aucune expérience du genre de celles qui ont été faites soit par déplacement de la couche de séparation, soit par analyse des liquides anodiques et cathodiques, ne permet de mesurer directement les vitesses des ions H et OH. Ces vitesses sont déduites de la loi de Kohlrausch; grâce à celle-ci les conductibilités des acides forts et des bases fortes à concentration constante sont composées de deux termes, l'un correspondant à l'ion dont la vitesse est mesurable directement, l'autre à l'ion H ou OH.

EFFET RAMAN. — *Spectres de Raman et structure des orthophosphates, des phosphites et des hypophosphites.* Note de MM. **Jean-Paul Mathieu** et **Jean Jacques**, présentée par M. Aimé Cotton.

Simon et Feher [1] ont mesuré les fréquences des raies de Raman données par les solutions des acides PO^4H^3, PO^3H^3, PO^2H^3 et de leurs sels. N'ayant pu mettre en évidence les bandes caractéristiques de la liaison O—H, ils ne croyaient pas à l'existence d'ions complexes contenant des groupements hydroxyles. Cette conclusion ne peut guère être maintenue depuis des travaux plus récents [2]. On peut alors se demander comment les atomes O et H sont disposés autour de l'atome P dans les divers composés étudiés, pour lesquels on a proposé depuis longtemps de nombreuses formules de structure. L'étude détaillée du spectre de Raman nous a conduits aux conclusions suivantes.

Considérons l'ion $[PO^4]^{---}$ contenu dans les solutions alcalines de phosphates; nous lui attribuons la symétrie T_d. En premier lieu, si l'on y remplace un, puis deux atomes O par des atomes H, on obtient successivement les ions $\left[\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix}\!\!>P-H\right]^{--}$ (symétrie (C_{3v}), puis $\left[\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\!>P<\!\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right]^{-}$ (C_{2v}); la présence du premier dans les solutions de phosphites, celle du second dans les solutions d'hypophosphites, expliquent dans le détail leurs spectres de Raman. D'autre part, si l'on remplace successivement, dans l'ion $[PO^4]$, deux atomes O par des radicaux OH (que nous regarderons comme une masse unique dans les vibrations) on forme les ions $\left[\begin{matrix}O\\O\\O\end{matrix}\!\!>P(OH)\right]^{--}$ (C_{3v}), puis $\left[\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\!>P<\!\begin{matrix}(OH)\\(OH)\end{matrix}\right]^{-}$ (C_{2v}), dont l'existence permet de rendre compte essentiellement des spectres respectifs des solutions de phosphates bipotassique et monopotassique. Les deux séries de substitutions précédentes, bien qu'elles donnent des complexes de même symétrie, conduisent toutefois à des spectres de vibration où la répartition des raies est bien différente, car la variation de masse, considérable lorsqu'on remplace un atome O par un atome H, est très faible dans la substitution de (OH) à O. Le premier cas rappelle le passage de CCl^4 à $CHCl^3$ et à CH^2Cl^2; le second se rapproche du remplacement de Cl dans CCl^4 par un isotope ou par Br [3]. Poursuivant la substitution de O par (OH), on parvient à la molécule d'acide orthophosphorique $\left[O-P\!<\!\begin{matrix}(OH)\\(OH)\\(OH)\end{matrix}\right]$ (C_{3v}).

---

(1) *Zeits. anorg. Chem.*, 230, 1936, p. 289.

(2) C. S. Venkateswaran, *Proc. Ind. Acad. of Sc.*, 7, 1938, p. 13.

(3) M.-L. Delwaulle, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 226.

L'étude expérimentale est ici moins simple, car, tandis que le spectre des solutions salines ne varie pas sensiblement avec la concentration, la dilution de l'acide change la fréquence des raies et en fait apparaître de nouvelles. Selon nous, non seulement la dilution dissocie les molécules, comme l'a admis Venkateswaran ([4]), mais aussi elle rompt les associations moléculaires qui existent en solutions très concentrées. Le spectre d'une solution 1,5M (cf. tableau) ne montre pas la présence d'ions PO^4H^{--} et ne se confond pas avec celui des solutions de PO^4H^{2-} : il existe sans doute plusieurs espèces moléculaires mélangées.

Le tableau ci-dessous donne la fréquence, l'état de polarisation, l'intensité des raies de Raman, ainsi que le classement que nous proposons pour les modes de vibrations correspondants, exprimés dans la notation de Mecke ([5]).

$[PO^2H^2]Na$ à 50 %	466	589	–	821	922	1043	1087	1153	–	2352	? (6)
	0,84	0,4	–	0,86	0,85	0,25	0,75	0,84	–	0,36	–
	M	f		f	F	TF	f	f	–	F	–
	$\delta_0(\sigma)$	$\delta_0(\pi)$	–	$\delta(d)$	$\nu_0(\sigma)$	$\nu_0(\pi)$	$\delta_H(\pi)$	$\delta_H(\sigma)$	–	$\nu_H(\pi)$	$\nu_H(\sigma)$
$[PO^3H]Na^2$ à 30 %	459	550	–	–	993	1032	1100	–	–	2330	?
	d	?	–	–	0,1	0,8	?	–	–	0,25	–
	M	tf	–	–	F	M	tf	–	–	F	–
	$\delta_0(\sigma)$	$\delta_0(\pi)$	–	–	$\nu_0(\pi)$	$\nu_0(\sigma)$	$\delta_H(\sigma)$	–	–	$\nu_H(\pi)$	$\nu_H(\sigma)$
$[PO^4]K^3$ à 50 %	419	560	–	–	939	1050 (7)	–	–	–	–	–
	0,85	0,85	–	–	0,1	–	–	–	–	–	–
	M	M	–	–	F	–	–	–	–	–	–
	$\delta(s)$	$\delta(a)$	–	–	$\nu(s)$	$\nu(a)$	–	–	–	–	–
$[PO^4H]K^2$ à 45 %	390	524	?	878 (8)	–	950 env.	–	981	1090	–	–
	0,89	0,8	–	0,2	–	p?	–	0,15	d	–	–
	M	M	–	f	–	tf	–	F	f	–	–
	$\delta(\sigma s)$	$\delta(\sigma a)$	$\delta(\pi)$	–	–	$\nu(\pi a)$	–	$\nu(\pi s)$	$\nu(\sigma)$	–	–
$[PO^4H^2]K$ à 30 %	366	381	515	?	?	883	947	1050 env.	–	1082	–
	0,7		0,9	–	–	0,1	d	d?	–	0,2	–
	M		M	–	–	F	f	f	–	F	–
	$\delta(\pi s)+\delta(d)$		$\delta(\sigma)$	$\delta(\sigma)$	$\delta(\pi)$	$\nu(\pi)$	$\nu(\sigma)$	$\nu(\sigma)$	–	$\nu(\pi)$	–
$[PO^4H^3]$ à 16 %	345 à 390		499	–	–	890	1008	1078	–	1190	–
	0,5		d	–	–	0,14	d	p	–	p	–
	M double		M	–	–	F	f	f	–	M	–

([4]) *Proc. Ind. Acad. of Sc.*, 3, 1936, p. 25.

([5]) *Zeits. physik. Chem.*, B, 17, 1932, p. 1.

([6]) Nous n'avons pas retrouvé la raie 2450 signalée par O. Redlich (*Anz. Acad. Wiss. Wien*, 14, 1936, p. 128), qui pourrait être attribuée à ce mode de vibration.

([7]) Cette fréquence, intense dans le spectre de réflexion infrarouge, et dont l'attribution n'est pas douteuse, n'a pu être décelée dans le spectre de Raman, qui ne donne que trois raies, à condition d'éviter l'hydrolyse par addition de KOH.

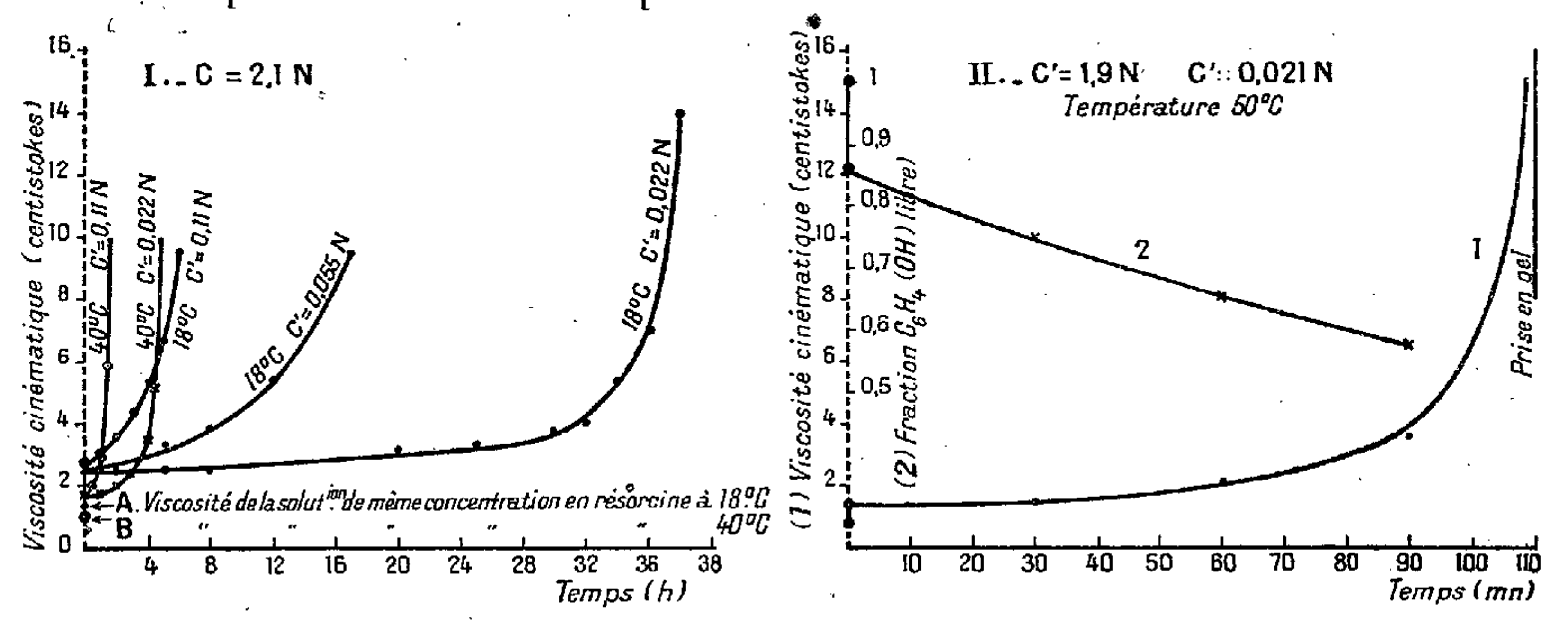
([8]) Probablement due à de petites quantités de $[PO^4H^2]K$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la formation des résines phénoliques.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Roger Papault**, présentée par M. Marcel Delépine.

Malgré de nombreuses recherches (Granger, *Ind. and Eng. Chem.*, 24, 1932, 29, 1932; Stager, *Helv. Chem. Acta* 14, 1931; Stager et Biert, 21, 1938 etc.), le mécanisme de formation des résines obtenues par condensation des phénols et des aldéhydes n'est pas complètement élucidé. Il semble établi qu'il se forme tout d'abord un ou plutôt différents phénols-alcools homologues de la saligénine. Mais, par la suite, ces corps intermédiaires se condensent soit entre eux, soit avec les produits primitifs pour donner des composés de plus en plus polymérisés, sur la nature desquels on ne peut formuler que des hypothèses.

Novak et Votech Cech (*Ind. and Eng. Chem.*, 20, 1928) ont abordé la question par voie physicochimique en suivant la marche du phénomène par des mesures de viscosité ou d'indices de réfraction, combinées avec la détermination du taux de phénol libre. Mais, pour les phénoplastes ordinaires, le champ d'application de la méthode est limité par le fait que la condensation finale ne se produit qu'à haute température et sous pression : cette restriction disparaît si l'on travaille avec certains polyphénols tels que la résorcine et la phloroglucine ou leurs dérivés tels que l'orcine; la résinification se produit alors à des températures peu élevées, voire même à température ordinaire. Et en milieu alcalin, avec des concentrations suffisantes ([1]), le système reste constamment homogène et l'on observe une gélification tout à fait analogue à la prise en masse des solutions de gélatine par refroidissement ([2]).

Dans la présente Note nous parlerons seulement des recherches relatives à



l'évolution du système résorcine-formol. Nous partions de liqueurs contenant en proportions variables de la soude, de la résorcine et du formol, et nous

([1]) Supérieures à 0,01 N. Pour les concentrations inférieures, il y a floculation et non prise en gel de la masse.

([2]) L'étude physicochimique de la condensation résorcine-formol avait été faite en milieu acide (Engeldinger, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 342). Mais ici encore il y a floculation et non prise en gel.

déterminions les variations avec le temps de la viscosité (mesurée par l'appareil de Baume) et du taux de phénol libre évalué par titrage au brome. Les résultats sont représentés sur les figures I et II. Il apparaît que la transformation comporte trois phases distinctes. C'est tout d'abord une évolution brusque, pratiquement instantanée, marquée par un accroissement de la viscosité et une réduction simultanée du chiffre de brome. Vient ensuite une transformation lente, caractérisée par une branche de courbe presque rectiligne et peu inclinée sur l'axe des abscisses, et enfin une inflexion brutale des courbes qui deviennent presque parallèles à l'axe des ordonnées : c'est la période de durcissement.

Nous avons procédé à un très grand nombre de déterminations, qui nous ont conduits aux conclusions suivantes :

1° L'élévation de la température entraîne l'augmentation de la pente de la branche de courbe correspondant à la deuxième phase de la réaction et la réduction du temps θ au bout duquel le durcissement commence.

2° L'augmentation de la concentration en résorcine et en soude agit dans le même sens.

3° L'influence du rapport moléculaire $r =$ aldéhyde/résorcine est très marquée spécialement sur la valeur de θ. Pour une même concentration c en résorcine et c' en soude, ce temps commence par décroître quand r augmente, passe par un minimum puis croît à nouveau. Mais la valeur de r correspondant au minimum varie avec les divers facteurs en particulier avec la concentration en alcali ([3]). Nous croyons pouvoir expliquer cette particularité en admettant l'intervention de la réaction de Canizzaro. (Granger, *loc. cit.*) En l'absence de tout phénomène accessoire, la vitesse de réaction du formol sur la résorcine devrait augmenter en même temps que le rapport r : mais la production d'acide formique, due à la réaction de Canizzaro diminue l'alcalinité du milieu et par suite tend à réduire cette même vitesse; l'importance de cette réduction sera d'autant plus marquée que le rapport formol/alcali sera plus grand.

L'évolution des solides formés continue après durcissement. Elle se manifeste par une perte de poids, due essentiellement à un départ d'eau, ce qui suppose à la fois un phénomène de diffusion dans la masse et une évaporation (cf. la dessiccation de la gélatine ou des gels de silice). Ici encore, l'influence de la valeur du rapport r est très marquée. Pour des valeurs inférieures ou égales à 1, le solide (maintenu à l'abri de l'air pour éviter l'oxydation) reste incolore et contient toujours, même après évolution complète, une notable proportion de résorcine. Pour des valeurs de r supérieures à 1, le solide est rouge. De plus, la densité et le poids définitif (après chauffage à poids constant à l'étuve à 120°) augmentent avec r, ainsi qu'il ressort des chiffres suivants :

([3]) Cette valeur de r correspondant à l'optima a été trouvée voisine de 2 pour les concentrations en soude c' voisines de 0,01 N. Elle est plus élevée pour des valeurs plus grandes de c'.

Composition des liqueurs.

Résorcine, $5^g,5$. Soude N, $5^{cm^3},5$. Formol, x. Eau, $16-x$.

	I.	II.	III.	IV.
x.....	4.	8.	12.	16.
R.....	1.	2.	3.	4.
Poids final............	6,207	7,019	7,530	7,845
Masse spécifique.......	1,459	1,501	»	1,535

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pénétration des ions métalliques dans les corps solides sous l'influence du courant électrique.* Note de MM. **Paul Lamarque**, **Jean-A. Reboul** et **Raoul Katz**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait qu'il existe des méthodes thérapeutiques utilisant la pénétration d'ions médicamenteux dans l'organisme sous l'influence du passage du courant électrique; la question du mode de pénétration de ces ions est restée pendante et l'on ignore à quelle profondeur sont entraînés les ions par le champ électrique et à partir de quel moment ils sont repris par la circulation sanguine. Nous avons réalisé quelques expériences dans cette direction. On utilise des cylindres de gélose solidifiée de 1^{cm} de diamètre que l'on place dans des tubes de verre en contact avec des solutions de sel métallique; dans ces solutions plongent des électrodes appropriées. Pour étudier la pénétration des ions, on pratique, parallèlement à l'axe du cylindre, des coupes minces dans la gélose; ces coupes sont étudiées par deux méthodes : la première consiste à les traiter par un colorant convenable; la deuxième consiste à faire une radiographie de la coupe avec des rayons X très mous (1500 à 2000 V) suivant la méthode mise au point par l'un de nous (historadiographie). Les effets constatés peuvent être classés en effets immédiats, reconnus quelques heures après le passage du courant, et effets tardifs qui se produisent plusieurs jours après.

1° Les effets immédiats consistent en pénétration des ions dans la gélose à des profondeurs variables suivant la constitution de ce corps, le voltage et l'intensité du courant utilisé. Mais, quel que soit le sel métallique employé, les ions se répartissent d'une manière remarquable : on constate la présence d'une limite très nette à la pénétration en profondeur, comme s'il existait un obstacle à cette pénétration; par exemple avec SO^4Cu à 1 % au pôle +, on obtient une bande nette à $2^{mm},5$ de la face +; l'examen historadiographique montre que cette bande est due à l'accumulation de petits grains dont la densité va en augmentant de la périphérie vers la profondeur jusqu'à une ligne nette où ils sont brusquement arrêtés. Si l'on utilise deux solutions ($FeCl^3$ au pôle + et MnO^4K au pôle —), on obtient deux bandes nettes, l'une correspondant au fer à $6^{mm},5$ du pôle +; l'autre, à l'ion permanganique à 1^{mm} du pôle —. La pénétration croît lorsque le voltage croît, jusqu'à une limite qu'on ne peut dépasser. Il ne s'agit pas là d'un simple phénomène d'imbibition : si on laisse la gélose en contact avec la solution pendant un temps très long, toute la masse s'imprègne sans qu'il y ait de limite nette à la pénétration. L'effet ainsi observé semble dû aux propriétés spéciales des semi-conducteurs;

en effet, on observe d'abord une variation de la résistance du bloc de gélose lors du passage du courant; la courbe de variation est analogue à celle obtenue dans les semi-conducteurs. La distribution des potentiels dans les cylindres de gélose est la distribution classique dans les semi-conducteurs : avec une différence de potentiel de 6 V entre les électrodes, on obtient une chute anodique de 4,5 V, se répartissant sur une longueur de 6^{mm} et une chute cathodique de 0,5 V répartie sur une longueur de 3^{mm}; on remarque l'analogie de ces distances avec les profondeurs de pénétration des ions et la très faible densité de courant à l'intérieur de la gélose. On comprend dès lors que les ions peu mobiles (ou plutôt les agrégats d'ions, semble-t-il, d'après les examens historadiographiques) ne puissent dépasser les limites assignées par les chutes anodique et cathodique.

2° Les effets tardifs sont plus complexes; plusieurs jours après le passage du courant on constate l'apparition de raies particulièrement nettes, à des distances souvent considérables des faces du cylindre. Par exemple, avec un bloc de gélose de 98^{mm} de long (pôle +, $FeCl^3$ au 1/200; pôle —, MnO^4K à 1/400), 3 jours après le passage du courant apparaît une raie blanche à 58^{mm},5 du pôle +; le lendemain, apparition d'une raie bleue à 50^{mm} du pôle +; puis, dans les jours qui suivent, apparition de deux autres raies à 54^{mm} et à 56^{mm} du pôle +. L'apparition de ces raies ne s'observe que dans les blocs de gélose soumis à l'action du courant et non dans les blocs imbibés. L'interprétation de ces faits demeure malaisée; peut-être s'agit-il là de réactions chimiques périodiques, comme paraît l'indiquer le fait que les raies changent de couleur puis disparaissent au bout d'un temps assez long.

En tous les cas, nos expériences démontrent qu'il est peu vraisemblable que des ions métalliques puissent pénétrer profondément dans l'organisme sous l'influence du courant électrique; il est probable que, avec les intensités utilisées en ionothérapie pratique, les ions ne dépassent pas le derme. Du point de vue physique, la méthode historadiographique permet de voir les agrégats d'ions et d'apprécier ainsi leur mobilité à l'intérieur de corps solides ou semi-solides.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude du cheminement de l'hydrogène dans le fer monocristallin et polycristallin.* Note de MM. **Albert Portevin**, **Georges Chaudron** et **Léon Moreau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Ayant mis en évidence [1] les différences de comportement du fer monocristallin et polycristallin au cours du *chargement* en hydrogène atomique, nous nous sommes proposé d'étudier les phénomènes qui se passent lors du *départ* de l'hydrogène à différentes températures.

Après avoir chargé d'hydrogène par électrolyse des échantillons de fer, dans les conditions qui permettent d'obtenir le durcissement maximum du métal (8 heures à — 10°), nous les avons chauffés dans le vide à différentes tempéra-

[1] L. Moreau, G. Chaudron et A. Portevin, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 554.

tures. Après chaque recuit nous avons dosé les gaz qui restaient dans l'échantillon par la méthode de bombardement ionique (Chaudron-Moreau), puis nous avons effectué des examens micrographiques, des essais de dureté et de fragilité avant et après chaque traitement, afin de recueillir les éléments d'interprétation sur les bases suivantes : le durcissement, ainsi que nous l'avons montré ([2]), résulte de l'incorporation de l'hydrogène dans le réseau, état d'*écrouissage atomique* qui subsiste après élimination à froid de l'hydrogène, mais qui disparaît, comme l'écrouissage mécanique, par recuit; la fragilité appréciée par le nombre N de flexions avant rupture, croît avec l'écrouissage et par suite avec la dureté, mais elle dépend en outre de la cohésion intergranulaire et notamment des perturbations aux joints révélés par la micrographie.

Le tableau ci-dessous résume les résultats de ces expériences. Dans l'ensemble,

Numéro de l'expérience.	Recuit subi par le métal initialement chargé par 8 h d'électrolyse à — 10°.	Volume de gaz aux 100g après recuit.	Caractéristiques mécaniques. Nomb. de pliages (initial 9). Après charg.	Après recuit.	Dureté Brinell. (initiale 78). Après charg.	Après recuit.	Observations micrographiques.
1.....	1 h à 800°	52	1	8	122	78	Aspect normal du fer recuit
2.....	1 h à 600°	55	1	7	123	80	Id.
3.....	1 h à 400°	59	1	3	122	98	Décoll. intergranulaire. Quelques cloques import.
3bis...	12 h à 400°	56	1	4	121	90	
4.....	24 h à 300°	32	1	3/4	122	105	Décoll. intergranulaire très marqué, cloq. très petites.

Numéro de l'expérience.	Recuit subi	Vol. extrait après électr.	Pliages après charg.	Pliages après dégaz.	Pliages après recuit.	Dureté après charg.	Dureté après dégaz.	Dureté après recuit.	Observations micrographiques.
4bis...	24 h à 300° après un dégaz.	103	1	1	6	122	121	100	Aspect norm. du fer

comme pour tout métal écroui, la dureté diminue lorsque croissent la température et la durée de recuit; la fragilité décroît avec la dureté avec chute plus rapide lorsque apparaissent les décollements intergranulaires mis en évidence par la micrographie, pour les recuits aux températures inférieures à 600°. Mais le fait remarquable est le faible volume de gaz extrait de l'échantillon recuit à 300°. On est donc conduit à admettre qu'une quantité importante d'hydrogène s'est dégagée du réseau pour rester incluse dans les joints intergranulaires et échappe ainsi à l'extraction par bombardement ionique, tout en

([2]) G. Chaudron, A. Portevin et L. Moreau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1252.

se manifestant par les décollements intergranulaires révélés par la micrographie, et les essais de fragilité. Le phénomène existe aussi à 400°, mais avec une intensité trop faible pour influer sur la quantité de gaz extraite après recuit. Pour contrôler cette interprétation, on a dégazé le métal avant recuit à 300° pour supprimer le départ intergranulaire de gaz et l'on a vérifié (expérience 4 *bis*) la disparition des décollements et de la fragilité intergranulaires.

Comme dans le travail précédent (1), l'étude d'échantillons monocristallins nous a apporté un élément décisif de confirmation. Dans le tableau ci-dessous

Traitement du métal (chargé à 110/120$^{cm^3}$) recuit sous vide 24 h.	Volume dégagé, en cm³ pour 100g de métal. Métal polycristallin à 250°.	Métal polycristallin à 300°.	Métal monocristallin à 300°.
a. Dégazage après recuit	35	30,5	97
b. Recuit 5 minutes à 900° sous vide	7	3,5	5
c. Dégazage par bombardement après recuit à 900°	53	78	8
d. Deuxième recuit 5 minutes à 900°	3,5	1	–
e. Dernier dégazage par bombardement	14	6	–
Volume total d'hydrogène	112,5	119	110

nous avons établi un bilan complet de l'hydrogène dégagé ou contenu dans le métal. Pour cela, nous avons effectué tous les traitements du métal sur l'échantillon maintenu en place dans le tube de dégazage ; le chauffage se fait alors par induction. Nous voyons que les échantillons polycristallins, après recuit à 250° et à 300°, ne dégagent au bombardement que le tiers environ de l'hydrogène chargé initialement par électrolyse. Mais la presque totalité des gaz qui s'est dégagée dans les poches intergranulaires est capable de se redissoudre dans le réseau par chauffage à 900° pendant un temps très court.

Au contraire, dans le cas du fer monocristallin, on voit que la plus grande partie des gaz est restée dans le réseau après le recuit à 300°. L'examen micrographique d'un monocristal ainsi traité montre la tendance de l'hydrogène à s'échapper du réseau par la présence, sur quelques points de la surface polie, de fissures étoilées.

Ces expériences démontrent que le départ de l'hydrogène s'effectue par les joints intergranulaires. Aux températures de recuit voisines de 300°, le dégazage est donc un phénomène particulièrement dangereux pour le fer ; il est peut-être de même nature que celui observé à cette température en sidérurgie au cours du refroidissement des lingots d'acier.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur certaines causes de l'évolution des hypochlorites en solution.* Note [1] de M. **Paul Pierron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les raisons fondamentales de l'évolution spontanée et à l'obscurité des solutions d'hypochlorites sont assez mal connues. Il est vrai que les études très fragmentaires qui ont été faites sur ce sujet ont le double inconvénient de ne s'intéresser presque toujours qu'au sel de sodium et de l'envisager dans des conditions de température d'alcalinité ou d'acidité fixes ou ne variant que dans de faibles limites, le plus souvent à la neutralité.

Nous avons repris le problème dans son ensemble et étudié comparativement les évolutions des hypochlorites de potassium, de sodium, de lithium pris dans les mêmes conditions de température, de concentration, alcalinité, acidité. Des résultats obtenus en modifiant ensuite systématiquement ces conditions, nous avons tiré des conclusions intéressantes qui permettent en partie de répondre à la question que nous nous sommes posée.

Nous avons résumé nos résultats dans les courbes ci-contre qui représentent :

a. le temps nécessaire pour que 80 % de l'hypochlorite initial ait disparu ;

b. l'oxygène qui a échappé à la transformation de l'hypochlorite en chlorate et qui s'est dégagé.

On y voit que, lorsque l'alcalinité augmente, il y a une élévation de la perte d'oxygène, très forte pour le sel de potassium et très faible pour celui de lithium ; il y a une élévation dans le même sens de la vitesse d'évolution ; l'augmentation de la température accuse ces différences ; à la neutralité, on constate un maximum de stabilité et un minimum de perte d'oxygène ; le sel de lithium est toujours le plus stable. Quand l'acidité augmente, la vitesse d'évolution augmente de nouveau, mais la perte d'oxygène passe par un maximum assez élevé et finit par s'annuler. En solution diluée, la perte d'oxygène diminue d'une façon continue, sans présenter ni maximum, ni minimum.

Interprétation de ces résultats. — Quand un hypochlorite évolue, on admet qu'il donne du chlorate par suite de son oxydation par l'acide hypochloreux libéré par son hydrolyse ; qu'il perd de l'oxygène par suite de la décomposition spontanée d'une partie de cet acide [2]. Cette manière de voir n'explique ni la perte d'oxygène en milieu très alcalin, qui devrait être très faible, l'hydrolyse étant alors très limitée, ni la formation de chlorate dans ces conditions. Quand

---

[1] Séance du 12 octobre 1942.

[2] A. Kaufmann, *Z. anorg. Chem.*, 37, 1924, p. 364 ; Clarens, Toulouse, 1913.

l'oxydation de l'hypochlorite est difficile, comme c'est le cas pour celui du lithium ([3]) ([4]), la perte d'oxygène devrait être peu élevée.

Ces anomalies sont parfaitement expliquées par la formation transitoire des peroxydes; en milieu neutre et acide, ces derniers prennent naissance par suite de la réaction

$$MeO, Cl^2O + Cl^2O = Me^2O^2 + Cl^2O + Cl^2$$

et, comme je l'ai démontré en milieu anhydre, cette formation est plus facile avec ClOK qu'avec ClOLi ([4]). En milieu très alcalin, où l'anhydride

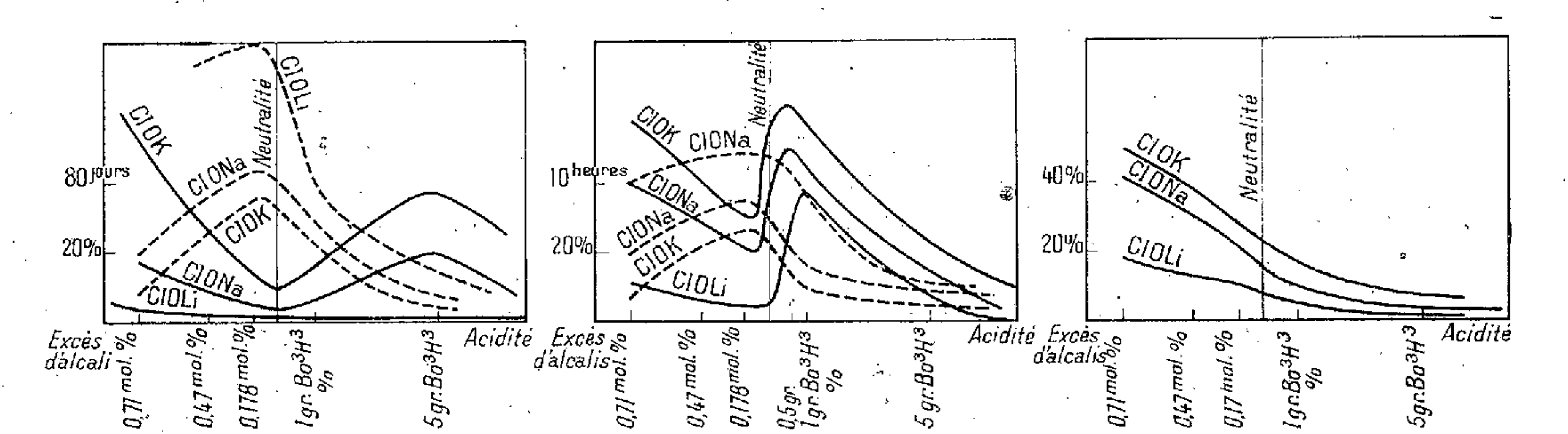


Fig. 1. — Évolution des solutions d'hypochlorites concentrées : pouvoir oxydant = 100 pour 1 cm³, température = 20°.
- - - durée de l'évolution en jours.
—— perte d'oxygène évaluée en pour 100 du pouvoir oxydant de l'hypochlorite initial.

Fig. 2. — Évolution des solutions d'hypochlorites concentrées : pouvoir oxydant = 100, température = 100°.
- - - durée de l'évolution en heures.
—— perte d'oxygène évaluée en pour 100 du pouvoir oxydant de l'hypochlorite initial.

Fig. 3. — Évolution des solutions d'hypochlorites diluées : pouvoir oxydant = 10, température = 20°.
Perte d'oxygène évaluée en pour 100 du pouvoir oxydant initial.

$Cl^2O(ClOH)$ ne doit pas exister, leur formation est due à l'action des molécules d'hypochlorite sur les molécules non dissociées en ions de l'alcali. Une fois formés, les peroxydes décomposent une partie de l'hypochlorite en oxygène et chlorure, une autre partie est oxydée par eux en chlorate. Cette action oxydante sur les hypochlorites des peroxydes avait déjà été notée par nous ([5]) en milieu anhydre à propos de la catalyse de la bromuration de l'oxyde de sodium par l'oxyde de plomb.

Ces peroxydes ont été décelés quantitativement par une méthode indiquée précédemment, et qualitativement par l'action du chlorure d'or. Nous avons observé de faibles quantités de peroxydes dans celles de nos solutions qui étaient le plus fortement alcalinisées.

([3]) P. Pierron, *Bull. Soc. chim. Fr.*, 5e série, 8, 1941, p. 664.
([4]) *Ibid.*, 5e série, 8, 1941, p. 660.
([5]) P. Pierron, *Thèse*, Lyon, 1940.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode synthétique de préparation de l'aldéhyde phénylpropylique et de ses homologues nucléaires.* Note ([1]) de M. **Léonce Bert.**

Nous avons montré ([2]) que les chlorures arylaliphatiques $Ar.CH^2.CH^2.Cl$ étaient d'obtention aisée et donnaient, dans certaines conditions, des combinaisons organomagnésiennes mixtes, avec des rendements de 30 à 80 %.

En condensant ces magnésiens avec l'orthoformiate de méthyle ou d'éthyle, suivant la technique de Bodroux, nous avons obtenu, sans difficulté, les acétals $Ar.CH^2.CH^2.CH(OR)^2$ qui, par ébullition de 10 à 15 minutes avec de l'acide chlorhydrique au quart, se transforment, avec d'excellents rendements, en les aldéhydes $Ar.CH^2.CH^2.CHO$.

Nous avons ainsi fait connaître six homologues nucléaires nouveaux de l'aldéhyde phénylpropylique (souvent dénommé aldéhyde hydrocinnamique).

Notre méthode consistait, en somme, à forger la chaîne propylique en fixant le maillon CHO en ω sur $Ar.CH^2.CH^2$.

Le dichloro-1.3-propène, $CH^2Cl.CH:CHCl$, dérivé du propène ou du glycérol, nous a permis de souder d'un coup la chaîne tricarbonée requise sur le reste arylé Ar. La présente Note a pour objet de décrire ce nouveau mode d'édification de la série de l'aldéhyde hydrocinnamique.

Un carbure benzénique ArH, condensé avec le dichloropropène, parfois directement par réaction de Friedel et Crafts ([3]), ou, en général, indirectement par l'intermédiaire du bromure d'arylmagnésium ArMgBr ([4]), donne, avec un bon rendement, le dérivé ω-chlorallylé $Ar.CH^2.CH:CHCl$, que le brome à froid ou le pentachlorure de phosphore à chaud ([5]) transforme en $Ar.CH^2.CHBr.CHClBr$ ou $Ar.CH^2.CHCl.CHCl^2$.

L'un ou l'autre de ces composés trihalogénés, chauffé avec un excès d'alcoolate de sodium RONa, fournit l'acétal cinnamique ([6]) $Ar.CH:CH.CH(OR)^2$. (Pratiquement, on choisit pour ROH les alcools méthylique, éthylique ou *n*-butylique.)

Or E. Fischer et E. Hoffa ([7]) ont préparé l'aldéhyde hydrocinnamique par hydrolyse de son acétal diméthylique résultant de l'hydrogénation, au moyen du sodium et de l'alcool absolu, de l'acétal diméthylique de l'aldéhyde cinna-

---

([1]) Séance du 24 août 1942.

([2]) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 373; **213**, 1941, p. 1015.

([3]) P. Bert, *ibid.*, **213**, 1941, p. 619.

([4]) L. Bert, *ibid.*, **180**, 1925, p. 1504.

([5]) L. Bert et R. Annequin, *ibid.*, **192**, 1931, p. 1107.

([6]) L. Bert et R. Annequin, *ibid.*, **192**, 1931, p. 1315; R. Annequin, *Thèse*, Clermont, 1933.

([7]) *Ber. d. chem. Ges.*, **31**, 1898, p. 1989.

mique. Ce dernier produit était obtenu à partir de l'aldéhyde cinnamique naturel, extrait de l'essence de cannelle.

La méthode de Fischer et Hoffa, jointe à notre procédé de synthèse des acétals cinnamiques, constitue un très pratique mode d'édification nouvelle de la série de l'aldéhyde hydrocinnamique, surtout si on lui adapte les conditions d'hydrogénation prescrites par L. Bouveault et G. Blanc pour la transformation des acides monobasiques dans les alcools primaires correspondants. On arrive ainsi au but avec une dépense de sodium et d'alcool absolu respectivement cinq et dix fois moindre que celle consentie par les auteurs allemands.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de quelques dérivés cyclaniques sulfurés.* Note de M. **Max Mousseron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note, nous avons étudié divers thiols et thioéthers; nous allons poursuivre cet exposé en envisageant d'autres groupes de composés sulfurés.

I. *Bis-(hydroxy-1 cyclanyl-2) sulfures.* — L'action du sulfure de sodium sur le chloro-2 cyclohexanol en milieu alcoolique vers 70°, fournit avec un excellent rendement un liquide $É_{20}$ 215°, susceptible de cristalliser sous forme de plaquettes dans un mélange de benzène et d'éther de pétrole F 71-72° (dérivé diacétylé F 61-62°). En traitant l'époxycyclohexane dans les mêmes conditions ou même à froid, on isole par cristallisation, d'abord une petite quantité de fines aiguilles F 89-90°, puis le composé précédent F 71-72°. Ces produits rappellent les bis-(hydroxy-1 cyclohexyl-2) amines obtenues par Brunel [1] et étudiées par Godchot, Mousseron et Granger [2]; ainsi, en comparant les points de fusion et les solubilités des dérivés sulfurés et aminés, il est possible d'admettre que le dérivé *trans-trans* F 71° est l'isomère *d.l.*, tandis que le dérivé *trans-trans* F 89° représente l'isomère *i*.

En traitant par le sulfure de sodium le chloro-2 cyclohexanol *cis* [3], on isole des cristaux prismatiques F 103-104° qui doivent correspondre à un des isomères *cis-cis*.

	$É_{20}$.	F.
Bis-(hydroxy-1 cyclopentyl-2) sulfure	205°	44°
Bis-(hydroxy-1 cyclohexyl-2) sulfure	215	71-89-103
Bis-(hydroxy-1 cycloheptyl-2) sulfure	225	88
Bis-(hydroxy-3 tétrahydro-1.2-3.4 naphtyl-2) sulfure		151
Bis-(hydroxy-3 dihydro-2.3 indényl-2) sulfure		135

Une réaction semblable avec le chloro-4 cyclohexanol n'a pu être réalisée.

(1) Brunel, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 29, 1903, p. 887.

(2) Godchot, Mousseron et Granger, *C. R. Soc. Savantes*, Montpellier, 1936, p. 1265.

(3) Bartlett, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 224.

II. *Dérivés dithiocyanés.* — Ils sont isolés après action du thiocyanate de sodium et du sulfate de cuivre anhydre sur les cyclènes (4); malgré des cristallisations fractionnées, un seul stéréoisomère a pu être saisi.

	F.
Méthyl-2 dithiocyano-1.2 cyclohexane	60°
Éthyl » »	82
Propyl » »	86
Méthyl-4 » »	81
Thiocyano-1 thiocyanométhyl-1 cyclohexane	63
Dithiocyano-2.3 tétrahydro-1.2-3.4 naphtalène	113
Dithiocyano-2.3 décahydronaphtalène	74

III. *Dérivés sulfonés.* — La condensation du sulfite acide de sodium et de l'époxycyclohexane (5) a été généralisée et étendue au sel d'ammonium et aux cycles en C^5 et C^7. Il a été prouvé que prenait naissance le cyclohexanol-1 sulfonate-2 de sodium, en montrant qu'il conduisait à la taurine correspondante F 300° (*dec*), selon les indications de Lauer et Hill (6)

$$>CH-O-CH< + O{=}S(ONa)(H){=}O \rightarrow \begin{matrix}>CH\,OH\\>CH-SO^3Na\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}>CH\,Cl\\>CH-SO^2Cl\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}>CH-NH^{3+}\\>CH-SO^{3-}\end{matrix}$$

La fixation du sulfite acide d'ammonium sur le méthyl-3 cyclohexène actif a été envisagée (7), le composé (I), caractérisé par son sel de baryum ($[\alpha]_{546} = +4°,38$, eau, $c = 5\ \%$) se forme en quantité notable, alors que le dérivé (II) inactif se sépare en faible proportion en tête de cristallisation.

$$\text{CH—CH}^3\text{ (cyclohexène)} + O{=}S(ONH^4)(H){=}O \rightarrow \text{CH—CH}^3\text{, CH—SO}^3\text{NH}^4\ (I) \quad \text{ou} \quad \text{CH—CH}^3\text{, CH—SO}^3\text{NH}^4\ (II)$$

IV. *Acide cyclopentane carbothiolique.* — Cet acide a été préparé par action du mercaptide de sodium sur la chloro-2 cyclohexanone en milieu éthéré anhydre selon la régression de cycle de Favorsky et Bajovsky (8) en appliquant le mécanisme suivant (9) :

$$\begin{matrix}CH\,Cl\\CO\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}C\,Cl\\COH\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}C-S-C^2H^5\\CO\,H\end{matrix} \rightarrow CH-C\begin{matrix}{=}O\\S-C^2H^5\end{matrix}$$

(4) DERMER et DYSINGER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 750.
(5) BRUNEL, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 63.
(6) LAUER et HILL, *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1873.
(7) KOLKER et LAPWORTH, *J. Amer. Chem. Soc.*, 127, 1925, p. 311.
(8) FAVORSKY et BAJORSKI, *J. Soc. Phys. Chim. R.*, 50, 1920, p. 582.
(9) MOUSSERON et GRANGER, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1268.

Après purification, $É_{15}$ 103°, l'acide se prend en masse, F 92-93°; il conduit à l'acide cyclopentane carbonique par action de PCl^5, puis de l'eau. Le taux de régression est plus réduit avec C^2H^5SNa qu'avec C^2H^5ONa.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur une explication possible de l'affaiblissement de l'effet Compton dans les cristaux.* Note de M. **Jean Laval**, présentée par M. Charles Mauguin.

Un atome engagé dans un cristal produit un effet Compton moindre que s'il était libre ([1]). On pourrait penser expliquer cette différence par une modification de l'atome sous l'action du champ de force auquel il est soumis dans le cristal. Mais les facteurs de structure, définis par les théories quantiques ([2]) pour les atomes libres, s'accordent en général exactement avec les intensités des réflexions sélectives observées dans les cristaux. Jamais les écarts ne sont importants. C'est que la modification porte seulement sur les électrons périphériques, électrons de valence ou de conductibilité, qui forment une faible proportion des électrons présents (sauf dans les atomes légers). Une modification si réduite ne peut expliquer le gros affaiblissement de l'effet Compton indiqué par l'expérience. Cet effet consiste essentiellement en un transfert d'énergie d'un photon à un électron, dit *électron de recul*, qui est expulsé de l'atome. C'est dans la propagation de cet électron que l'on peut trouver, au moins en partie, l'explication cherchée.

Si l'atome est libre, l'électron de recul se meut dans le vide, il peut y prendre toutes les énergies depuis 0 jusqu'à $h\nu - W$, $h\nu$ étant le quantum du photon incident, $-W$ l'énergie de l'électron avant sa rencontre avec le photon. Si l'atome fait partie d'un cristal, l'électron de recul est projeté dans l'espace libre entre les atomes, nous dirons dans le réseau cristallin. On sait que certaines bandes d'énergie, $E_0 - E_1$, $E_2 - E_3$, ..., $E_{2n} - E_{2n+1}$, lui sont interdites ([3]). Ce sont ces bandes qui se manifestent par des franges au voisinage des arêtes dans les spectres d'absorption ([4]). La première, $E_0 - E_1$, est couverte par les énergies des électrons de valence ou de conductibilité, les autres correspondent aux réflexions sélectives des ondes associées aux électrons de recul sur les plans réticulaires du cristal. L'électron ne peut sortir de l'atome et pénétrer dans le réseau cristallin que s'il reçoit du photon incident une énergie comprise dans une bande permise. Il en résulte, au total, un affai-

---

([1]) J. Laval, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 278.

([2]) Thomas, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 23, 1927, p. 542; Fermi, *Zeits. f. Phys.*, 48, 1928, p. 73; Hartree, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 24, 1928, p. 89.

([3]) Léon Brillouin, *Journal de Physique*, 7-1, 1930, p. 377; 7-3, 1932, p. 365; Kronig, *Zeits. f. Phys.*, 70, 1931, p. 317; 75, 1932, p. 191.

([4]) Coster et Veldkamp, *Zeits. f. Phys.*, 74, 1932, p. 206; C. Kurylenko, *Thèse*, Paris, 1939.

blissement de l'effet Compton dans le cristal comparé au même effet dans les atomes libres. En gros, la largeur $E_{2n+1} - E_{2n}$ des bandes interdites est d'autant plus grande que l'énergie moyenne $(E_{2n+1} + E_n)/2$ est plus petite. En gros aussi, l'énergie de l'électron de recul décroît en même temps que l'angle de diffusion. C'est donc aux petits angles que l'affaiblissement de l'effet Compton doit surtout se manifester. Cela est vérifié par toutes nos expériences.

On peut espérer que l'étude, aux petits angles, du rayonnement qu'un cristal diffuse par effet Compton, permettra de préciser nos connaissances sur la première bande interdite et fournira ainsi des renseignements sur les électrons de valence et de conductibilité.

PÉDOLOGIE. — *Étude statistique de l'action du bioclimat sur les caractères chimicominéralogiques des sols de la Côte d'Ivoire (rapport silice-alumine).* Note (1) de M. **Louis Glangeaud**.

Les facteurs intervenant dans la formation des sols présentent une hiérarchie et des corrélations analogues à celles étudiées pour les facteurs de sédimentation (2). Dans les deux cas, les méthodes statistiques mettent en évidence des phénomènes généraux qui n'apparaissent pas dans le simple examen des faits locaux.

Les analyses de sols ont été effectuées sur une série d'échantillons de sols, prélevés par le regretté Scaetta, suivant des itinéraires entre la côte (région d'Abidjan) et la Guinée (massif de Man). Les résultats des analyses de la *partie attaquable aux acides* ont été reportés sur le diagramme ci-contre. Les échantillons prélevés en surface sont représentés par des triangles; ceux de l'intérieur des profils par des points; les sols, montrant optiquement en plaque mince de l'hydrargillite (gibbsite), par des croix, et les analyses effectuées par M. Rose, sur des échantillons du Service des Mines de l'A. O. F., par des x.

Les ordonnées du diagramme correspondent au rapport SiO^2/Al^2O^3. M. A. Lacroix (3) a montré comment ce rapport permet de classer les produits d'altération des pays tropicaux. Sa diminution traduit l'augmentation des éléments latéritiques (allitiques) par rapport aux éléments argileux (siallitiques). Pour les abscisses, nous avons choisi la distance du point de prélèvement à la *limite Nord de la forêt dense*, telle que la définissent

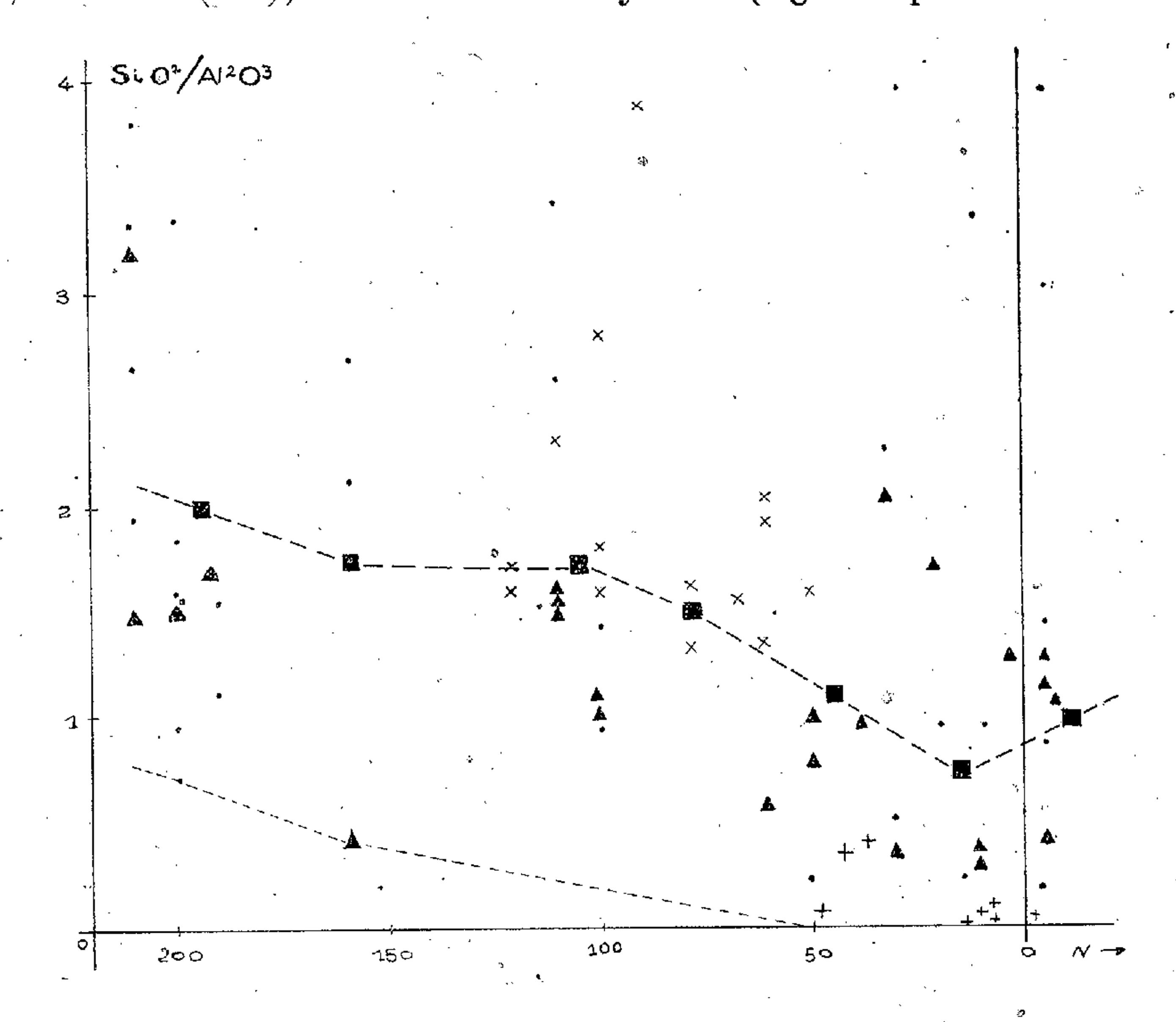
(1) Séance du 5 octobre 1942.

(2) L. Glangeaud, *Bull. Soc. Géol. France*, 15 déc. 1941, 5e série, 11, 371, 388. Certains termes utilisés ici sont définis dans cette Note.

(3) *Nouvelles Archives du Muséum*, 5e série, 5, 1923, pp. 255-356; *Introductions aux Études minières coloniales*, Paris, 1934, pp. 19-43.

MM. Aug. Chevalier et Aubréville. Cette distance, appelée par abréviation (Fo), est mesurée le long d'un méridien. En effet, on ne peut prendre comme abscisse la latitude, car les courbes isohyètes et la limite Nord de la forêt dense ne suivent pas un parallèle géographique déterminé.

Interprétation statistique des résultats. — A. *Moyennes.* — Pour chaque tranche, de 30^{km} (Fo), calculons la moyenne (figurée par des carrés sur le



dessin). Ces *moyennes* du rapport SiO^2/Al^2O^3, diminuent régulièrement du Nord au Sud, quand on passe du climat côtier, climat fondamental équatorial d'Hubert au climat soudanais de H. (sous-climat foutanien). L'allitisation (latéritisation) et son élément caractéristique la gibbsite ne *jouent un rôle important que dans le climat soudanais.* En effet, la *gibbsite* n'est pas visible dans les plaques minces de la partie Sud. Sa fréquence augmente au Nord de la forêt dense, dans la région latéritique de Guinée.

A l'échelle de la Côte d'Ivoire, on peut ainsi *distinguer statistiquement deux provinces pédologiques*, celle des allitosiallites au Sud, et celle des allites ou pays des latérites (A. Lacroix) au Nord de la forêt dense, avec un passage assez rapide de l'une à l'autre, à la lisière de la forêt dense.

B. *Répartition des fréquences.* — Les courbes de répartition des fréquences, par tranches de 30^{km} (Fo), caractérisent ce que j'ai nommé les *facies globaux régionaux.* Ces courbes présentent deux maxima. En appliquant la méthode d'analyse mathématique, par anamorphose aux courbes cumulatives, on peut ramener ces courbes, avec une divergence faible, à la combinaison de deux courbes normales de Gauss.

D'après les travaux de M. de Lapparent ([4]), les deux maxima, distincts dans les courbes de fréquence, peuvent être expliqués, soit par la superposition de deux influences climatiques successives au cours du Quaternaire, soit par l'existence de deux *pôles de différentiation chimicominéralogique* dans la formation des profils.

Par rapport à chacun de ces maxima, la répartition des analyses est quasi-aléatoire à l'échelle du facies global. Par contre, à l'échelle des *facies locaux,* on voit apparaître des relations causales plus ou moins rigides entre les influences locales (microclimats, topographie locale, flore etc.) et la composition des profils. Pour les sols, comme pour les sédiments, les facteurs qui sont déterminants à l'échelle locale ne se manifestent plus aux échelles temporo-spatiales supérieures que par leurs *effets statistiques*. La variation régulière de ces effets est, pour l'exemple choisi, en corrélation étroite avec les variations bioclimatiques générales.

GÉOLOGIE. — *Ancienneté des actions désertiques dans le Sahara occidental.* Note de MM. **Théodore Monod** et **André Cailleux**.

Les sédiments sahariens étant aussi souvent arénacés que rarement fossilifères, rien de ce qui peut éclairer leur genèse ne doit être négligé. L'étude de la forme et de l'aspect des grains de quartz, selon une méthode décrite ailleurs ([1]), nous a donné les résultats suivants :

Étage ([2]).	Pourcentage des grains (de $0^{mm},7$). Non usés.	Émoussés luisants (eau).	Ronds mats. (vent).	Nombre d'échantillons examinés.
Quaternaire et actuel	14	17	69	66
Continental terminal (a) Hamada	60	5	35	9
Continental terminal (a_1) Post-Éocène	35	47	18	16
Crétacé-Éocène	60	36	4	3
Continental intercalaire	36	10	54	7
Paléozoïque Dévonien	–	–	présents	–
» Cambro-Ordovicien	31	0	69	7

La méthode ne s'appliquant pas aux sédiments trop fins, ni trop grossiers, ni trop cohérents, doit marcher de pair avec les observations de terrain, qui suppléent à ses insuffisances; grâce à quoi les traits d'ensemble suivants peuvent être dès maintenant dégagés.

Paléozoïque. — Le Cambro-Ordovicien, bien que renfermant des fossiles marins, est caractérisé par la nette prédominance des grains ronds mats, qui

([4]) J. de Lapparent, *Comptes rendus,* 208, 1934, pp. 1767-1769.

([1]) *Mém. Soc. Géol. Fr.,* n. s., 21, 1942, p. 46.

([2]) *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.,* 12, IV, 1939.

indiquent l'existence, sur les terres émergées voisines, d'actions éoliennes aussi fortes qu'au Quaternaire. Le Gothlandien est représenté par des schistes papyracés marins à Graptolithes. Le Dévonien est marin, fossilifère, strictement littoral (Goniatites très rares); mais, à en juger par l'abondance des grains éoliens, la mer devait battre un continent demeuré désertique. Le Dinantien est marin. Les grès et argiles rouges de Taoudeni, à *Stigmaria* (Westphalien probable), indiquent peut-être un milieu désertique.

Continental intercalaire. — Il s'est déposé dans l'eau (bois flottés associés à un poudingue, grès à *Ceratodus* et Crocodiliens) et, néanmoins, il renferme des grains éoliens dont l'abondance exclut qu'ils soient tous remaniés du Cambro-Ordovicien et implique des actions éoliennes contemporaines du dépôt ou peu antérieures, s'exerçant sur le continent voisin. Enfin, les grains émoussés luisants, façonnés dans l'eau, qui étaient systématiquement absents du Paléozoïque ancien étudié, font une première et timide apparition.

Crétacé-Éocène. — Il est marin, transgressif, principalement marno-calcaire. Dans les échantillons gréseux examinés (Asselar), de même que dans les sables des grands bassins tertiaires d'Europe, les grains façonnés dans l'eau sont très nombreux, les grains éoliens très rares.

Continental terminal. — Dans les grès argileux du Post-Éocène (Sud-Est de notre domaine), tantôt les grains façonnés dans l'eau prédominent presque exclusivement, atteignant des proportions énormes (jusqu'à 90 %); tantôt ils coexistent avec des grains éoliens. Plus au Nord et à l'Ouest, dans la Hamada, dépôt lacustre calco-gréseux à silex, les grains façonnés dans l'eau sont très rares; les nappes d'eau étaient donc très tranquilles, non agitées par des vagues; les grains éoliens sont assez nombreux, mais peut-être sont-ils ici simplement remaniés de formations plus anciennes.

Quaternaire et actuel. — Les grains éoliens y sont, comme dans le Cambro-Ordovicien, presque toujours très prédominants. Il s'y ajoute parfois des grains façonnés dans l'eau, imputables aux phases humides qu'attestent, par ailleurs, la nature lithologique de certains dépôts et la faune qui leur est associée.

Conclusions. — Des actions éoliennes désertiques intenses et prolongées se sont exercées sur le Sahara occidental à diverses reprises au cours de son histoire géologique (Cambro-Ordovicien, Continental intercalaire, Quaternaire et actuel etc.). Ainsi se trouve confirmée l'hypothèse, souvent émise, de leur extrême ancienneté.

GÉOLOGIE. — *La position stratigraphique de la Brèche du Télégraphe.* Note (¹) de M. Reynold Barbier.

Au cours de levers effectués, en 1938, dans le Massif du Perron des Encombres en Maurienne, j'avais eu l'occasion d'étudier la série stratigra-

(¹) Séance du 29 juin 1942.

phique nouvellement établie par M. Gignoux et L. Moret ([2]) et dans laquelle les *Brèches du Télégraphe*, attribuées par W. Kilian au *Lias calcaire*, étaient considérées comme un des facies du Dogger, l'autre étant celui des *Calcaires massifs à polypiers*. Or je n'y avais rencontré le Dogger que sous ce dernier aspect et jamais sous forme bréchique.

Reprenant mes travaux l'été dernier, j'ai donc voulu éclaircir ce point et trouver le passage latéral qui devait exister entre ces deux facies. Cela m'a conduit à établir qu'un tel passage n'existe pas, mais qu'on a affaire à deux niveaux différents, constamment séparés par un horizon de calcschistes et marno-calcaires bleutés. L'étude des éléments de la brèche est venue confirmer la distinction qu'il y a lieu de faire entre ces deux terrains : j'ai en effet trouvé dans la brèche de nombreux fragments du calcaire à polypiers. Et j'ai pu alors établir la stratigraphie suivante :

5. *Série schisto-gréseuse* : épaisse suite monotone de schistes noirs, luisants, avec rares bancs microbréchiques et dalles finement gréseuses, brunâtres : 500^{m} environ.

4. *Brèche du Télégraphe* : brèche formant une roche massive, très bien cimentée, ne renfermant jamais d'éléments cristallins, mais des fragments anguleux de tous les terrains sous-jacents, du Trias au Dogger à polypiers : 50^{m}.

3. *Série marno-calcaire* : calcschistes et marno-calcaires bleutés présentant, vers la base, de rares *Cancellophycus* (versant W du Grand Perron) : 150^{m}.

2. *Calcaires à polypiers* : calcaires clairs, massifs, contenant par places des polypiers et des radioles d'Oursins : 100^{m}.

1. *Lias supérieur* : calcschistes spathiques, bien datés par une faune d'Ammonites aaléniennes ([3]) : 15 à 20^{m}.

Au-dessous, la série se continue telle que M. Gignoux et L. Moret ([1]), puis moi-même ([4]) l'avons déjà décrite.

Le synclinal de la Valloirette ([5]) se referme au passage de l'Arc, qui l'entaille profondément. La brèche forme là un V ouvert au Sud, à l'intérieur duquel se trouve le terrain supérieur (série schisto-gréseuse). La pointe de ce V se trouve à hauteur du fort du Télégraphe, ce qui explique que l'on ne rencontre pas la brèche dans la coupe de l'Arc, mais uniquement la série marnocalcaire, très épaisse puisque repliée sur elle-même du fait de sa position dans l'axe du synclinal. La brèche ne reparaît, au Nord, qu'à partir de la Croix-des-Têtes. Et l'ensemble de ces terrains peut ensuite être suivi jusqu'à Gitamelon, où il disparaît sous la zone des gypses qui le borde à l'Est. La disposition des terrains y reste identique, mais la série marnocalcaire y diminue beaucoup d'épaisseur (50^{m}), et les calcaires à polypiers passent, au nord du Grand-Perron, à des calcaires lités avec rares zones siliceuses.

([2]) *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 21 décembre 1936.

([3]) R. Barbier, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 16 mars 1942.

([4]) *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 17 septembre 1938.

([5]) M. Gignoux et L. Moret, *Revue de Géographie alpine*, 25, ii, 1937.

En ce qui concerne les terrains supérieurs, j'ai montré qu'un décollement important s'est produit, à la faveur de la série schisto-gréseuse très plastique, et qu'à l'exception de quelques lambeaux restés pincés dans l'axe du synclinal, ces terrains ont été refoulés à l'état d'écailles au front de la série formée par les niveaux précédents. Écailles où j'ai pu individualiser du Malm, du Crétacé inférieur et supérieur, déjà en partie connus (6), et du Flysch à base lutétienne.

La série du Télégraphe est donc nécessairement comprise entre l'Aalénien et le Malm. Mais, d'autre part, on connaît, dans le Subbriançonnais de l'est et du sud du Pelvoux et, en particulier dans la digitation de Piolit, celle qui se rapproche le plus du Subbriançonnais de Maurienne (Rouanne-Basse près d'Ancelle, le Lauzet entre le Monestier et le Lautaret), un « Callovo-oxfordien » qui rappelle tout à fait la série schisto-gréseuse du Télégraphe et qui débute par des marno-calcaires à *Cancellophycus* analogues à ceux de la série marno-calcaire et attribués par D. Schneegans au Callovien (7).

On est ainsi conduit à admettre, pour les terrains du Télégraphe, la stratigraphie suivante :

Oxfordien : série schisto-gréseuse.

Dogger : D. supérieur comprenant probablement encore le Callovien, brèches du Télégraphe et série marno-calcaire; D. inférieur, calcaires clairs à polypiers.

Aalénien : calcschistes à *L. concava* et *L. opalinum.*

GÉOLOGIE. — *La bordure occidentale de la zone des schistes lustrés entre Geillac et Saint-Véran (Hautes-Alpes).* Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans le Queyras et la Haute-Ubaye, le contact entre les schistes lustrés et les terrains du Briançonnais, tel qu'il a été interprété par P. Termier, laisse subsister vers l'Est une zone non individualisée par ce géologue, mais sur laquelle Ch. Pussenot et F. Blanchet ont, par la suite, attiré l'attention. Cette zone, de facies intermédiaires et qui fait le passage à la vraie zone des schistes lustrés (où les facies sont uniquement métamorphiques et avec roches vertes), prend une grande ampleur entre les localités de Ceillac et de Saint-Véran, spécialement dans la région du Col Fromage et fournit là des renseignements intéressants, d'ailleurs assez différents de ceux exprimés par la Feuille géologique Larche au 1/80000e.

La meilleure coupe est celle qui peut être relevée depuis ce col en se dirigeant à l'Est, vers l'arête de la Pointe de la Selle, la Pointe des Rasis et l'arête de la Rousse. D'Ouest en Est, on rencontre successivement, à partir du Trias du Col Fromage (cargneules avec écailles de calcaires gris) et en série renversée vers l'Est :

(6) L. Moret et D. Schneegans, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 15 novembre 1936.

(7) *Mém. Carte géologique de France*, 1938.

1° Calcaires et schistes noirs sans fossiles. Lias ?

2° Complexe de calschistes noirs et de calcaires gris à pseudoolithes noires et taches rouges, avec bancs de microbrèches. Ces couches, en petits bancs, sont fossilifères (Polypiers, Nérinées, Rhynchonelles etc.) et doivent être rapportées au Dogger de facies briançonnais.

3° Vers le haut, les calcaires gris passent à des calcaires marbreux en bancs plus gros et de teinte claire, rose, verte ou grise. Ces calcaires, parfois phylliteux, peuvent prendre localement l'aspect des *marbres de Guilletsre*. Malm.

4° En continuité avec ces couches, viennent des schistes gris à points noirs, en petites plaquettes dures et coupantes, qui occupent la situation du Crétacé inférieur.

5° En effet, au-dessus, apparaissent, sans coupure stratigraphique, les *marbres en plaquettes*, rouges à la base, puis verts et gris, pouvant être sans ambiguïté rapportée au Crétacé supérieur.

Notons que, sur la Carte géologique, l'ensemble des couches 1-5, formant l'arête de la Selle, est porté en Jurassique supérieur.

6° La partie supérieure des marbres en plaquettes gris passe insensiblement à des schistes noirs, scoriacées, avec taches ocreuses, renfermant des plaquettes de calcaires noirâtres et quelques bancs gréso-micacés. Flysch.

Ce Flysch (marqué en schistes lustrés sur la Carte géologique) forme la ligne de hauteurs qui se dirige vers la Pointe des Rasis et de là vers l'arête calcaire de la Rousse, où se retrouvent, en sens inverse, tous les terrains que nous venons d'énumérer, mais plus métamorphiqnes et moins reconnaissables. Cette arête, qui, d'après la Carte géologique, serait entièrement formée de calcaires triasiques, est donc de constitution complexe; vers l'Est, elle est bordée par les vrais schistes lustrés de Saint-Véran, que nous étudierons ultérieurement.

On voit donc que le synclinal dont nous venons d'indiquer la coupe est formé par une suite complète de terrains allant depuis le Trias jusqu'au Flysch; si, dans son flanc occidental, ces terrains peuvent encore être identifiés, et sous leurs facies briançonnais, mais en succession continue, par contre, dans le flanc oriental, la série, toujours continue, est défigurée par le métamorphisme et commence à ressembler aux schistes lustrés; toutefois, l'horizon des marbres en plaquettes rouges y reste toujours un précieux repère.

Fait important, aux abords de la Pointe des Rasis, dans le Flysch, se montrent de curieuses intrications de schistes lustrés; ces formations, généralement à l'état de calcschistes marbreux et phylliteux, sont accompagnées, à la base, par des gypses et cargneules triasiques et peuvent être interprétées comme de faux synclinaux inclus tectoniquement dans le Flysch.

Conclusions. — Dans la région du Col Fromage, le passage des facies briançonnais aux facies des schistes lustrés se fait bien d'une manière insensible et progressive, par une *zone intermédiaire*, comme au Col Girardin (Col Tronchet) et à Maurin. La série stratigraphique y est complète, sans les lacunes briançonnaises, en particulier celle de la brèche de transgression des marbres en plaquettes; on se trouve donc déjà ici en dehors du domaine de la cordillère briançonnaise et sur le bord Est de la grande fosse alpine, tout comme dans les régions du Col des Thures, près Névache, du Massif des Grands

Becs et de la Pointe des Trois Scies, ainsi que du bord oriental de la Montagne du Vallon. Enfin, le contact, entre la zone intermédiaire et les vrais schistes lustrés, n'est pas normal et se trouve souvent souligné par des accidents; de plus, ainsi que nous venons de le voir, des paquets de schistes lustrés semblent être parfois inclus dans les grands synclinaux de la zone intermédiaire. Peut-être cette structure s'explique-t-elle avec les idées récentes sur la tectonique d'écoulement; il est probable qu'au moment du plissement général de la région, les masses de schistes lustrés, occupant la face orientale du gigantesque bourrelet alpin, ont glissé par gravité contre les masses rocheuses briançonnaises plus rigides, dans lesquelles elles ont pu s'emboutir irrégulièrement tout comme le Flysch de l'Embrunais-Ubaye ou les Préalpes ont glissé de leur côté sur l'avant-pays; puis, des effondrements postérieurs, affectant la bordure orientale des Alpes, ont déterminé la dissymétrie de la chaîne et accusé le déversement anormal des plis vers l'Est (éventail briançonnais).

GÉOLOGIE. — *Sur les divisions du socle ancien du Sahara Central.* Note de M. **Maurice Lelubre**, présentée par M. Charles Jacob.

Les roches cristallines du Massif Central saharien sont recouvertes, sur presque tout le pourtour de l'Ahaggar, par une ceinture discontinue de grès horizontaux qui forment les Tassilis. L'assise de base, discordante, est elle-même recouverte par des schistes à Graptolites du Gothlandien inférieur; ces grès inférieurs sont donc au plus ordoviciens.

La discordance est très générale. La transgression tassilienne a envahi une immense plateforme schisto-cristalline, où prévalaient sans doute depuis longtemps des conditions continentales. Les schistes cristallins appartiennent à des cycles orogéniques très anciens; on peut penser avec Conrad Kilian, qui mit ces faits en lumière dès 1922, qu'ils sont antécambriens.

Dans le cristallin, on peut établir des divisions stratigraphiques. C. Kilian a distingué en 1932, dans le Sud-Est de l'Ahaggar (Oued Sersouf), deux termes, séparés par des conglomérats; un *Suggarien* à la base et un *Pharisien* au sommet. Des recherches récentes me permettent de confirmer et d'étendre ces divisions. Je crois d'autre part nécessaire de conserver ces noms, correspondant aux premiers et seuls termes stratigraphiques définis correctement pour le cristallin de l'Afrique septentrionale, plutôt que d'employer ceux d'*Archéen* et d'*Algonkien* qui prêtent à équivoque.

Le Suggarien forme la majeure partie de l'Ahaggar et le centre de l'Adrar des Iforas. Il comporte surtout des roches très métamorphiques (*cata* à *méso*) : gneiss, amphibolites, quartzites, cipolins,... Ces séries sont plissées ou disloquées, mais aucune discontinuité ne permet encore d'y établir des coupures stratigraphiques.

On peut reconnaître des zones, où dominent les quartzites et les cipolins, plissées en longs plis subméridiens de style appalachien typique (Edjéré, Aleksed, Arefsa), et des zones de gneiss et amphibolites plissés isoclinalement (Atakor, Anhef) ou subhorizontaux

(Tourha). Nos observations confirment la direction générale subméridienne des plis indiquée depuis longtemps par G. B. M. Flamand. Mais dans l'Aleksed et l'Anhef s'observent de grandes déviations des plis vers le Sud-Est; ainsi s'expriment des virgations de grand style.

De nombreux granites appartiennent à ce cycle. Les plus anciens forment de grands massifs écrasés dans les plis suggariens, tels les granites formant le substratum de l'Atakor; d'autres sont migmatiques, liés aux plis (Anhef); d'autres enfin sont post-tectoniques (Tedefest).

Le Pharusien encadré par des discordances est compris entre le Suggarien et les grès inférieurs des Tassilis. Il a été reconnu en trois régions, mais on ne sait pas encore exactement dans quelle mesure ces séries sont équivalentes.

a. La série de l'Oued Sersouf (S.-E. de l'Ahaggar) est épicontinentale : conglomérats, grès à ripple-marks, schistes, tous métamorphiques, se succèdent du Sud au Nord. Peu plissée vers Tissartassine, elle est reprise avec le Suggarien dans des plis très aigus vers Ait-Oklan. Des granites se sont mis en place dans des décollements entre Suggarien et Pharusien, tous deux métamorphisés (Tin-Tourha, Ait-Oklan); d'autres granites, à l'emporte-pièce, sont post-tectoniques (Serkout, Amazzegin et In-Tounin près Tamanrasset).

b. Un vaste affleurement s'étend au Sud-Ouest de l'Ahaggar. Sa limite orientale est marquée par des conglomérats métamorphiques discordants à Tin-Rerhoh, Timdjaouin, Bourzekkal; à l'Ouest, des conglomérats en discordance angulaire forment une longue ligne de collines que j'ai suivie sur 180^{km}, d'In-Azerraf (Adrar des Iforas) à Emegi. Entre ces deux bordures apparaissent des schistes peu métamorphiques, des micaschistes, amphibolites, quartzites et cipolins, plissés en très longs plis nord-sud réguliers. On retrouve encore des granites repris dans ces plis, mais ils sont en majeure partie post-tectoniques, recoupant à l'emporte-pièce les schistes cristallins où ils produisent de classiques auréoles de contact.

c. Enfin le Pharusien forme tout l'Ouest de l'Adrar des Iforas. Mais les choses sont ici plus complexes; à Tessalit, on peut y distinguer *deux séries métamorphiques* : à la base, des formations phylliteuses et détritiques granitisées; puis, en discordance angulaire, des conglomérats suivis de phyllades et amphibolites granitisés.

D'importants massifs rhyolitiques semblent séparer ces deux séries pharusiennes : à Izelilène, les rhyolites reposent en coulées sur les phyllades redressées du Pharusien inférieur, alors que les conglomérats de Tessalit, base du Pharusien supérieur, en renferment des galets. Le massif rhyolitique du Tirerrar est recouvert, à Tahort, de 1000^{m} de conglomérats métamorphiques et brèches volcaniques.

Les rhyolites peuvent permettre de relier les divers affleurements du Pharusien. En effet, la série du Sud-Est de l'Ahaggar est discordante sur des rhyolites à Tefedjit (à l'Ouest de Tin Zaouaten) et In-Azerraf. Si ces rhyolites sont du même âge que les premières, ce Pharusien correspondrait à la série supérieure de Tessalit. Les rhyolites, qui jalonnent de grandes fractures N.NE-S.SO, apparaîtraient comme les dernières manifestations de l'orogenèse du Pharusien inférieur, continuées postérieurement par la mise en place d'immenses champs de filons de microgranites qui les recoupent.

Ainsi, *dans le cristallin du centre saharien, on peut retrouver la succession de trois cycles orogéniques dont l'importance semble aller en diminuant*. Les formations du plus ancien, le Suggarien, forment tout l'Est et le centre de l'Ahaggar et le centre de l'Adrar des Iforas, tandis que les séries pharusiennes plus récentes s'étendent largement vers l'Ouest où elles passent aux séries de l'A. O. F. Quant à la répartition des affleurements, en l'état actuel des connaissances, on peut noter que les transgressions pharusiennes ont eu lieu

entre des massifs suggariens qui sont encore les régions montagneuses actuelles; dès la fin du Suggarien, on voit s'esquisser ainsi une paléogéographie dont la permanence semble un trait fondamental du Sahara Central.

GÉOLOGIE. — *Les terrains primaires du Massif du Chenoua (département d'Alger).* Note de MM. **Alexis Lambert** et **Jacques Flandrin**, présentée par M. Charles Jacob.

Les terrains primaires qui forment la majeure partie du versant nord du Chenoua ont été attribués jusqu'à présent à différents étages allant du Primaire à l'Oligocène.

En 1890, Ficheur les range au sommet du Crétacé (Danien). En 1920, puis en 1924, M. Savornin relève l'erreur de Ficheur et donne une description de ces terrains à laquelle il n'y a que peu de choses à ajouter. Par analogie avec le Djurdjura, il les attribue au Houiller, tout en reconnaissant que l'absence de fossiles « ne permet pas, évidemment, une affirmation catégorique ».

Enfin en 1927, sur la feuille au 1/50000 de Cherchel, puis en 1932, dans sa Thèse, et en 1936 sur sa carte au 1/200000 du Nord de la province d'Alger, M. L. Glangeaud subdivise cet ensemble en plusieurs termes. Une partie dans le Primaire indéterminé (schistes X), tandis qu'une fraction importante est attribuée au Crétacé inférieur à facies flysch et une autre à l'Oligocène.

L'absence de fossiles explique, pour une part, les variations d'opinion dont ces terrains ont été l'objet. Nous-mêmes n'apporterons de précisions que sur certains d'entre eux, les autres ne pouvant encore être datés qu'approximativement, d'après leurs relations stratigraphiques.

Les différents termes qui constituent le Primaire du Chenoua sont, du plus ancien au plus récent :

1° Des schistes noirs à rares intercalations gréseuses ou calcaires. Ces terrains ne nous ont pas livré de fossiles. Avec un substratum inconnu, leur épaisseur visible est de l'ordre de 200 à 300^{m}.

2° Une série à facies flysch, de 200^{m} de puissance, qui a été attribuée en partie au Crétacé par M. L. Glangeaud. Elle débute par un niveau de lydiennes charbonneuses, assez constant, au-dessus duquel vient une succession plusieurs fois répétée de grès psammitiques, de schistes, de calcschistes et de calcaires. Les grès, dans lesquels se montrent des débris végétaux, prédominent vers le haut de la série, tandis que les schistes sont plus développés à sa base. C'est dans les bancs calcaires de ce complexe que nous avons trouvé une faunule soumise à l'examen de M. Peneau. Celui-ci y a reconnu *Tentaculites procerus* Maurer du calcaire de Greifensten (partie supérieure du Dévonien moyen) et des *Gachipora ?*, Favositidés qui se rencontrent généralement dans le Givétien ou le Frasnien. Ces fossiles ont été récoltés dans une dizaine de gisements différents sur toute l'étendue du versant nord du Chenoua. Ils caractérisent l'ensemble de la série flysch, car nous en avons

recueilli depuis son extrême base (en dessous des lydiennes inférieures) jusqu'à son sommet.

Les niveaux 1 et 2 sont injectés par un grand nombre de filons et d'amas de roches éruptives ainsi que par de nombreux filonnets de quartz.

3° Grès psammitiques en gros bancs, semblables à ceux du flysch, mais plus épais, et rares bancs de petits poudingues, séparés par des intercalations schisteuses ou schisto-gréseuses renfermant fréquemment des débris charbonneux de plantes. L'épaisseur de cet ensemble varie suivant les points de 50 à 200^m.

Les trois niveaux indiqués sont concordants entre eux et paraissent passer progressivement de l'un à l'autre. Très plissotés dans le détail, à l'exception du niveau 3, et affectés par de nombreuses fractures, ils dessinent schématiquement un grand anticlinal complexe de direction EW.

Ils sont surmontés en transgression, et, semble-t-il, en légère discordance, par des conglomérats, des psammites rouges ou gris, des argiles psammitiques rouges et des quartzites qui, d'après leur facies et à défaut de fossiles, peuvent être attribués au Permien. Nous rappellerons que ces formations rouges sont elles-mêmes recouvertes en concordance par le Trias marin fossilifère.

Le Permien rouge repose indistinctement sur les niveaux 3 ou 2 et même parfois sur le niveau 1. Il enveloppe presque complètement l'anticlinal primaire, au Nord, à l'Est et au Sud.

La présence de *Tentaculites procerus* dans la série à facies flysch permet d'affirmer l'âge Dévonien d'une partie des terrains primaires du Chenoua. L'âge des niveaux 1 et 3 reste encore douteux. D'après leurs relations stratigraphiques avec le flysch, ces deux ensembles pourraient correspondre au Dévonien inférieur et au Dévonien supérieur. Mais il n'est pas interdit de penser que le Primaire du Chenoua puisse débuter plus bas, dans le Silurien, et s'élever plus haut dans le Carbonifère. Cette incertitude ne pourra prendre fin que par la découverte de fossiles.

L'analogie de facies entre ce Primaire et les terrains rapportés jusqu'à présent au Houiller dans le Djurdjura laisse à penser que le Dévonien pourrait peut être exister également dans cette dernière chaîne parmi les sédiments qui constituent le grand anticlinal de Tizi n'Kouilal et des Aït Ouabane.

GÉOLOGIE. — *Le bassin à lignites de Marceau (département d'Alger.)* Note de M. **Jacques Flandrin**, présentée par M. Charles Jacob.

La remise en exploitation des lignites de Marceau m'a permis de faire quelques observations nouvelles sur le bassin tertiaire de cette région et, notamment, sur les lignites et les sables qui en occupent la partie axiale. Mes recherches m'ont amené à modifier dans une certaine mesure l'échelle stratigraphique adoptée par M. L. Glangeaud (*Thèse*, 1932, et feuille Marceau

au 1/50000, 1937). Pour cet auteur en effet les *Sables de Marceau*, dont l'épaisseur n'excède pas *une vingtaine de mètres au maximum*, appartiennent au Pliocène inférieur continental et ravinent le Tortonien supérieur lacustre et saumâtre représenté par les couches à lignites. En réalité les lignites de Marceau sont interstratifiés dans la série des sables et celle-ci appartient encore au Miocène terminal. Quant au Pliocène inférieur, il n'est représenté dans tout le bassin que par des sédiments marins qui reposent en transgression et discordance sur les sables antérieurement plissés.

Les *Sables de Marceau* dessinent une gouttière synclinale de 7500^{m} de long, orientée Ouest-Est, sur le flanc sud de laquelle on peut relever la coupe suivante, de bas en haut :

1° Marnes bleues très épaisses se terminant par 20^{m} de couches glauconieuses fossilifères où M. L. Glangeaud a reconnu : *Pecten prebenedictus, Flabellipecten incrassatus, Ostrea edulis, Solenocurtus Basteroti, Cardium hians, Genotia ramosa, Dolium* cf. *subfasciata, Pyrula condita, Turritella cathedralis, T. turris* var. *badensis, Ancillaria glandiformis, Natica helicina, Murex Hörnesi*.

2° 20 à 30^{m} de marnes sableuses jaunâtres passant progessivement à l'assise suivante.

3° 200 à 250^{m} de sables dunaires peu ou pas consolidés, rarement stratifiés, qui constituent l'ensemble des *Sables de Marceau*. A leur base, ces sables sont concrétionnés en grès, et leurs bancs inférieurs m'ont livré quelques débris de fossiles marins (Pectens, Balanes). C'est à environ 100^{m} au-dessus de la base de ces sables, que, dans la moitié orientale du synclinal et sur son flanc sud, vient s'intercaler le faisceau ligniteux actuellement exploité. Sur le flanc nord du synclinal, le lignite disparaît et le faisceau n'est plus représenté que par 1^{m} de calcaire lacustre. Vers l'Ouest, le faisceau productif se termine en biseau dans les sables et les amas de lignite qui se montrent au delà sont toujours très limités et ne peuvent plus être raccordés avec la partie exploitée du gisement.

Le faisceau productif, d'épaisseur très variable (0 à 30^{m}), comprend des bancs de lignite, des argiles et des calcaires lacustres. Les calcaires ont fourni à M. L. Glangeaud : *Limnea cirtana* et *Planorbis solidus*. Les argiles, dépourvues de fossiles dans la partie occidentale de l'exploitation, renferment en abondance *Cerithium dertonensis* et *C. lignitarum* dans son quartier oriental ; il s'y intercale même à l'extrémité orientale du bassin, un banc à *Ostrea crassissima* de 0^{m},50 d'épaisseur. Enfin, le lignite a livré de nombreuses dents de Vertébrés (Singes, Cervidés, Hipparion etc.) non encore déterminées.

La concordance des niveaux **1**, **2** et **3** est absolue ; tous sont fortement redressés sur les flancs du synclinal et même parfois déversés. La faune du niveau **1** est certainement tortonienne, ainsi que l'a indiqué M. L. Glangeaud ; quant aux *Sables de Marceau*, qui encadrent le faisceau ligniteux, ils sont datés par les fossiles de ce dernier et appartiennent au Miocène terminal, Tortonien supérieur continental ou Pontien.

Le Pliocène inférieur marin du bassin de Marceau repose en complète indépendance sur l'un ou l'autre des trois termes du Miocène supérieur. Au voisinage et à l'Est du village, on le voit surmonter en discordance totale le bord sud du synclinal miocène. Quelques kilomètres plus à l'Ouest, deux petits lambeaux de mollasse pliocène se montrent en transgression sur les marnes tortoniennes du flanc nord du Dj. Hamchache. Au delà encore, au Nord-Est de l'Azerou Idji, le Pliocène marin constitue un grand affleurement s'étendant à la fois sur les Sables de Marceau et sur le Tortonien fossilifère. Il débute là par un conglomérat à petits galets de roches éruptives, bien visible près du marabout de Sidi Mohamed ou Saïd.

Des faits qui précèdent on peut tirer une image harmonieuse de la

paléogéographie locale durant le Miocène supérieur. A la fin du Vindobonien, la mer assez profonde qui occupait le bassin de Marceau se retira progressivement vers l'Est ainsi qu'en témoignent les couches glauconieuses et les marnes de plus en plus sableuses du sommet de cet étage. Au début du Pontien, le recul de la mer s'accentua et la région de Marceau, complètement exondée, fut bientôt recouverte de dunes. Une partie de ces dunes forma sans doute, à quelques kilomètres du village, un cordon littoral derrière lequel a pris naissance un grand lac où se déposèrent les lignites, les calcaires et les argiles du faisceau ligniteux. Parfois le cordon littoral se rompait et un peu d'eau de mer venait se mélanger à l'eau douce du lac, tuant les Lymnées et les Planorbes et provoquant le pullulement local des Cérithes. Une fois même, la mer fit une courte incursion à l'extrémité Est du bassin et y déposa le banc à *Ostrea crassissima* intercalé dans les argiles. Mais cet épisode fut de courte durée et, quelque temps après, le lac de Marceau, à nouveau séparé de la mer, fut comblé à son tour par les dunes. Jusqu'à la fin du Miocène les sables s'accumulèrent alors seuls dans le bassin de Marceau, à l'exception de quelques mares ou de quelques lacs minuscules où se formèrent encore de petits amas de lignite inexploitables que l'on rencontre dans leur partie supérieure. La courte phase orogénique qui clôtura les temps miocènes plissa enfin l'ensemble des marnes tortoniennes, des sables et des lignites avant que la mer du Pliocène inférieur ne vint recouvrir à nouveau la région.

GÉOLOGIE. — *Plissements post-pliocènes et mouvements quaternaires dans l'Algérie occidentale*. Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Charles Jacob.

A la suite des travaux des géologues algériens et surtout grâce à ceux de M. M. Dalloni (¹), on sait que les chaînes telliennes de l'Algérie occidentale ont été affectées par une phase de plissement importante, très récente, post-pliocène. Je vais rappeler quelques faits essentiels, qui me permettront de situer des observations nouvelles.

Les plaines sublittorales situées à l'Ouest du méridien d'Alger : plaines du Chélif, de l'Habra, de la Sebkha d'Oran, se répartissent aux environs de la zone médiane d'un bassin néogène important, présentant une grande épaisseur de sédiments. A sa base, la série néogène est discordante sur tous les terrains antérieurs, mais il n'existe entre les diverses assises miopliocènes aucune discordance générale qui soit importante. Toutefois, à la base du Pliocène, on observe, en certains points, une discordance assez faible. Elle est soulignée par une transgression de cet étage dans les zones périphériques et par la présence fréquente à sa base de formations gréseuses ou conglomératiques.

Au sommet du Pliocène s'observe vers l'intérieur du bassin un remblaiement continental important, que la présence de quelques Mammifères caractéristiques, et sa superposition au Plaisancien et à l'Astien, permettent d'attribuer sans aucun doute au Villafranchien.

(¹) *Bull. Soc. Géol. France*, 4ᵉ série, 15, 1915, p. 428-457.

Tous ces terrains sont énergiquement plissés en de nombreuses régions. Ainsi la bordure Nord et Ouest du bas Chéliff est affectée par une série d'anticlinaux juxtaposés, souvent serrés, dont les flancs sont alors verticaux, parfois légèrement déversés. La présence de conglomérats dans le Villafranchien indique que le plissement s'est amorcé à cette époque, mais les sédiments de cet âge étant eux-mêmes affectés par les plissements et parfois redressés à la verticale, cette phase tectonique peut être appelée *post-villafranchienne*. En certains points les mouvements se sont même continués jusque dans le Quaternaire. En effet, M. M. Dalloni (²) a recueilli, à la partie supérieure de la formation continentale plissée, une faune dans laquelle Depéret a reconnu *Rhinoceros Mercki* Kaup, *Elephas* cf. *atlanticus* Pom., qui est une forme d'*E. antiquus*, accompagnés d'éléments de la faune de Mammifères quaternaires nord-africains.

Ces faits sont analogues à ceux signalés récemment par P. Teilhard de Chardin (*Bull. Soc. Géol. France*, 1938, p. 325-327 et 1939) dans les bassins de sédimentation plio-pléistocènes du Sud de l'Europe et surtout des bordures orientales et méridionales de l'Asie, où cet auteur a montré la généralité de la phase orogénique post-villafranchienne. A Java, comme ici, le Quaternaire inférieur lui-même est intéressé.

A ces faits je voudrais ajouter une observation nouvelle, la déformation du Quaternaire récent (couches à Strombes) par suite de mouvements post-tyrrhéniens.

Dans la baie de Mostaganem, on voit les couches à *Strombus bubonius*, de la terrasse marine dite de 15ᵐ, reposer en discordance angulaire sur le Miocène et le Pliocène vivement redressés. Près de la Koubba de Sidi Mensour, ce Quaternaire est caractérisé par *Strombus bubonius* Lin, *Conus mediterraneus* Brug., *Purpura hæmastoma* Lin., *Murex brandaris* Lin., *M. trunculus* Lin., *Patella* cf. *ferruginea* Gmel., *Pecten* aff. *maximus* Lin., *Pectunculus violascescens* Lmk., *Cardium tuberculatum* Lin. C'est en ce point que la bordure orientale de la plaine alluviale de la Macta, située au nord de Perrégaux, atteint le bord de la mer. Là on voit les couches à Strombes, qui, plus à l'Est, se tenaient généralement entre 5 et 10ᵐ d'altitude, s'abaisser brusquement sous la plaine et les dunes actuelles d'une part, sous le niveau de la mer d'autre part. Les pendages sont de 10 à 15°. Cette observation n'est pas unique : le long de la côte, à l'extrémité d'un cap, à 3ᵏᵐ au Nord-Est du point précédent, on voit ces mêmes couches s'abaisser lentement vers le large, puis plonger brusquement sous le niveau de la mer avec un pendage de 22°. A l'Ouest par contre, de l'autre côté de la plaine de la Macta, à Port-aux-Poules, on retrouve les couches à Strombes au-dessus du niveau de la mer.

Ces faits, et de nombreux autres, permettent de conclure que, au cours du Quaternaire récent, la plaine de l'Habra d'une part, la baie de Mostaganem d'autre part, se sont affaissées par rapport à leurs bordures. Le mouvement s'est traduit dans les zones de transition par des flexures.

Il est probable que ce mouvement récent se continue de nos jours. La plaine de l'Habra n'a pas un réseau hydrographique normal : les cartes successives et

(²) *Bull. Soc. Géol. et Arch. d'Oran*, 61, 1940, p. 15.

les plans détaillés y montrent des déplacements du lit des cours d'eau, même dans les parties canalisées. Dans le bas de la plaine, les thalwegs, à peine marqués il est vrai, semblent ne pas passer par les points les plus bas. Tout porte à croire que cette zone est encore aujourd'hui en voie d'affaissement lent.

Ces déformations, si elles sont probablement les plus accentuées, ne sont pas les seules signalées dans les temps récents en Afrique du Nord. Bourcart ([3]) a montré que la grande plage quaternaire, qui suit le littoral atlantique du Maroc et qu'il attribue au Chelléen, s'élevait aux extrémités des massifs montagneux Haut-Atlas et Rif, tandis qu'elle s'abaissait au-dessous du niveau de la mer sous les dépressions du Sous, du Teusift et du Rharb. De même Vaufrey (*Revue Géogr. phys. et géol. dyn.*, 1932, v, p. 299-321) a montré que l'on ne pouvait douter des mouvements qui dans le Sud Tunisien avaient relevé des cailloutis acheuléens à la bordure Sud de l'Atlas, près de Gafsa.

En résumé, dans une partie de l'Algérie, où une phase tectonique importante d'âge *post-pliocène* a dessiné des anticlinaux jurassiens, des mouvements se sont encore produits après le Tyrrhénien. Une plaine alluviale et le sous-sol marin se sont affaissés par rapport à leurs bordures, déterminant des flexures qui affectent les couches à *Strombius bubonius*. De plus, en raison de l'aspect de la topographie, on peut supposer que des mouvements d'affaissement se produisent encore de nos jours.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les vents de sable du Sahara algérien.* Note de M. **Jean Dubief**, présentée par M. Charles Jacob.

Nous nous sommes proposé de rechercher quelle est la résultante des vents de sable pour chacune des stations météorologiques du Sahara algérien; nous avons fait porter notre étude statistique sur la période de 15 ans s'étendant de 1925 à 1939, sauf pour les stations qui présentent des lacunes d'observations pendant cette période.

Nous appelons *jour de vent de sable* toute journée au cours de laquelle un vent de sable a été noté par l'observateur de la station; il arrive alors généralement qu'il souffle durant toute la journée, mais non pendant la nuit (les vents de sable nocturnes sont exceptionnels), de sorte qu'un jour de vent de sable correspond à une durée moyenne de vent de 10 à 12 heures.

En chaque station, et pour chacune des huit directions principales N, NW, W ..., nous avons calculé le nombre annuel moyen de jours de vent de sable, après avoir rattaché les directions intermédiaires à ces directions principales, en considérant qu'une journée de vent de sable de NNW par

([3]) *Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, 27, 1927, 1, p. 2-33.

exemple est équivalente à la somme d'une demi-journée de vent de sable de N et d'une demi-journée de vent de sable de NW. Le résultat du calcul a été représenté par un vecteur parallèle à la direction considérée et ayant une longueur proportionnelle au nombre de jours trouvés. La somme géométrique des huit vecteurs correspondant aux huit directions principales définit ce que nous appelons la *résultante annuelle* des vents de sable à la station. Nous avons aussi calculé la somme arithmétique des huit vecteurs, qui représente le nombre annuel total de jours de vent à la station. Ces deux sommes se trouvent indiquées dans le tableau ci-dessous.

Stations.	Résultante annuelle des vents de sable.		Nombre annuel de jours de vent de sable.	Période sur laquelle porte la statistique.
	Direction.	Nombre de jours.		
Abadla	WNW	3,0	6,3	1929-1931
Adrar	ENE	3,5	19,5	1925-1939
Aïn-Sefra	SW	3,8	9,5	{ 1925-1931 1936-1939
Aoulef	E	12,8	26,2	1932-1939
Béni-Abbès	SSW	6,9	30,1	1925-1939
Béni-Ounif	NNW	3,0	15,8	1935-1939
Biskra	SE	1,0	4,7	1925-1939
Bou-Saâda	WSW	5,6	10,1	{ 1926-1928 1936-1939
Colomb-Béchar	SW	9,4	32,7	1925-1939
Djanet	SSW	3,8	13,7	1925-1939
Djelfa	SSW	0,5	0,6	1925-1939
El Abiod Sidi Cheikh	W	13,2	44,0	1934-1939
El Arfiane	NW	13,0	30,2	1937-1939
El Goléa	NW	7,0	21,4	1925-1939
El Oued	NW	0,3	7,3	1925-1939
Fort de Polignac	NW	2,6	29,0	1925-1939
Fort Flatters	WSW	4,9	26,0	1925-1939
Géryville	S	1,7	2,3	1925-1936
Ghardaïa	WSW	2,9	4,5	1925-1939
In Salah	NE	29,0	54,7	1925-1939
Laghouat	WNW	2,5	6,7	1925-1939
Méchéria	WSW	5,2	11,6	1925-1939
Ouallen	WSW	5,7	35,9	1932-1939
Ouargla	W	5,8	38,5	1925-1939
Ouled-Djellal	NW	1,1	6,8	1925-1939
Reggan	ENE	14,0	25,4	1936-1939
Tamanrasset	WSW	6,8	27,2	1925-1939
Timimoun	ESE	4,2	27,8	1925-1939
Tin-Zaouaten	ENE	38,6	105,7	1938-1940
Touggourt	NNW	5,1	30,2	1925-1939
Tozeur	N	2,1	10,4	1925-1939

On peut tirer de ce tableau les conclusions suivantes :

1° Si l'on admet qu'un vent de sable souffle toujours à peu près avec la même force moyenne pendant une journée, ce qui n'est pas très éloigné de la réalité, le transport de sable produit annuellement par un tel vent est à peu près proportionnel au nombre de jours de vents de sable résultant, tel que nous l'avons défini. Si l'on excepte le Tidikelt et le Ténéré, on voit que cette action doit être très faible, puisque le nombre annuel résultant (troisième colonne) est lui-même faible (0,3 à 14 jours). Cela explique la stabilité de forme et d'étendue des ergs et des dunes, stabilité qui paraissait si surprenante aux premiers explorateurs.

2° Les résultantes de courants aériens qui apparaissent sont totalement différentes et souvent opposées à celles indiquées généralement. L'action de l'alizé de NE au Sahara algérien n'est pas prédominante comme on le pensait; aussi les théories d'évolution des ergs algériens basées sur cet alizé doivent être reconsidérées. Bien entendu, nous pensons que les vents de sable seuls peuvent modifier notablement les dunes.

3° Dans toutes les régions où l'on pourra tracer les lignes de flux de vent, il semble possible de déterminer, à l'aide des résultantes obtenues, les régions où il doit y avoir accumulation ou retrait de sable. Dans le Grand erg occidental et dans la région d'In Salah par exemple, il y a actuellement dépôt de sable.

Nous pensons pouvoir étendre cette étude à l'ensemble du Sahara.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les facteurs de croissance nécessaires aux cultures de tissus de Carotte.* Note de M. **Pierre Nobécourt**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons montré [1] qu'il est possible de faire activement proliférer de très petits fragments de tissus de tubercule de Carotte à la lumière diffuse et à la température du laboratoire, dans des boîtes de Borrel, contenant un milieu synthétique comprenant une partie, solidifiée par la gélose et une partie liquide renfermant : 1° du glucose, aliment organique plastique, 2° des composés minéraux, les uns en quantité appréciable : aliments plastiques, les autres en quantité extrêmement faible, aliments oligodynamiques; 3° enfin, deux substances organiques en quantité également très faible, le chlorhydrate de cystéine et l'acide indol-β-acétique. Nous montrions, en outre, que, après avoir été sectionnés en plusieurs fragments, les tissus ayant proliféré peuvent être repiqués sur ce milieu, en continuant à s'accroître, et que cette opération peut être répétée plusieurs fois de suite.

La souche qui faisait l'objet de cette étude a péri peu après par suite d'une contamination accidentelle. Mais nous avons continué nos études avec une autre souche dont voici l'origine. Le 12 juin 1937 une tranche longitudinale de Carotte, découpée aseptiquement, était, selon la technique indiquée précédemment [2], placée dans un tube sur du coton humide; dans ces conditions

---

(1) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 521.

(2) P. Nobécourt et A. Dusseau (*Sciences*, 1938, p. 53).

cette tranche proliféra en produisant des excroissances le long de la région cambiale. Le 6 septembre 1937, un fragment d'une de ces excroissances, d'environ 3^{mm} de diamètre, fut placé sur le milieu de culture décrit dans notre Note du 13 septembre 1937; ce milieu étant contenu cette fois dans de simples tubes à essais et non plus dans des boîtes de Borrel, qui se contaminent facilement. Ce fragment de tissus néoformés a vigoureusement proliféré, ainsi que le montrent les photographies publiées précédemment ([3]). Les cultures provenant de cette souche ont, depuis lors, été repiquées à des intervalles variant de un mois et demi à quatre mois, toujours sur le même milieu, en s'y développant avec vigueur. Elles viennent donc, le 6 septembre dernier, d'achever leur 5e année de prolifération sur ce milieu : elles constituent ainsi les cultures de tissus végétaux ayant, à ce jour, atteint la plus longue durée. Ce milieu se montre donc éminemment favorable à la culture de tissus de Carotte. L'augmentation de poids des fragments repiqués y est souvent très considérable : c'est ainsi qu'un fragment de 1^{mg}, repiqué le 11 décembre 1940, pesait 292^{mg} le 13 juin 1941.

Si l'on supprime le glucose, le chlorhydrate de cystéine et l'acide indol-β-acétique, la croissance est sensiblement nulle, malgré la présence de chlorophylle dans les tissus et l'exposition à la lumière. 11 fragments pesant au total 188^{mg}, placés dans ces conditions, pesaient ensemble, au bout de trois mois, 239^{mg} seulement, soit un rapport moyen d'accroissement de 1,27.

Si l'on supprime le chlorhydrate de cystéine et l'acide indol-β-acétique, en conservant le glucose, l'augmentation de poids est encore très faible. 15 fragments pesant au total $205^{mg},5$, pesaient ensemble au bout de trois mois, 386^{mg}, soit un rapport moyen d'accroissement de 1,87.

En supprimant seulement l'acide indol-β-acétique, nous avons obtenu les résultats suivants : 14 fragments, pesant au total 174^{mg}, ont donné des cultures pesant ensemble 355^{mg}, soit un rapport moyen d'accroissement de 2,04.

Si l'on y supprime seulement le chlorhydrate de cystéine, en y conservant l'acide indol-β-acétique, la polifération a lieu de façon très satisfaisante, analogue à celle qui a lieu sur le milieu complet; le repiquage se fait très facilement. C'est ainsi que des fragments de la souche du 6 septembre 1937, cultivés jusqu'au 20 mars 1940 sur notre milieu primitif, continuent depuis cette date, c'est-à-dire depuis deux ans et demi, leur prolifération sur le même milieu, dépourvu de cystéine, où ils en sont à leur 10e passage. On a pu constater un rapport d'accroissement de 62,6 dans une culture du 7e passage, âgée de quatre mois. La cystéine n'est donc pas indispensable aux cultures de tubercule de Carotte, ce qui montre que ces tissus n'ont pas besoin de composés organiques sulfurés pour leur nutrition. Les sulfates minéraux contenus dans le milieu suffisant à leur nutrition sulfurée, ils sont euthiotrophes.

---

(3) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 85, p. 183.

Les résultats précédents nous ont conduit à penser que, sans glucose, mais en présence d'acide indol-β-acétique agissant comme excitant de la prolifération cellulaire, les cultures pourraient peut-être utiliser l'assimilation chlorophyllienne et se développer de façon satisfaisante. Il n'en est rien, car 3 fragments pesant ensemble 51^{mg}, placés du 1er août au 22 octobre sur ce milieu, pesaient finalement 78^{mg}, soit un rapport d'accroissement moyen de 1,53 seulement.

Nous avons aussi recherché si, dans notre milieu primitif, on peut substituer à l'acide indol-β-acétique $C^8H^6N—CH^2—CO^2H$ des composés voisins, l'acide indol-β-propionique $C^8H^6N—CH^2—CH^2—CO^2H$, ou le tryptophane gauche (acide α-amino-β-indol-propionique) $C^8H^6N—CH^2—CH(NH^2)—CO^2H$.

Avec l'acide indol-β-propionique substitué, à même concentration, à l'acide indol-β-acétique, dans notre milieu primitif, 9 fragments pesant au total $91^{mg},5$ ont donné, du 24 février au 5 juin, des cultures pesant au total 730^{mg}, soit un rapport moyen d'accroissement de 7,97.

Avec le tryptophane, 8 fragments d'un poids total de $81^{mg},5$ ont donné, pendant la même période, des cultures pesant ensemble 431^{mg}, soit un rapport d'accroissement de 5,27.

Ces résultats nous parurent suffisants, malgré l'aspect brunâtre des cultures, pour essayer de procéder à des repiquages. Les résultats furent les suivants :

Pour le milieu à l'acide indol-β-propionique, 12 fragments d'un poids total de 171^{mg}, ensemencés le 5 juin, pesaient 213^{mg} le 30 septembre. Pour le milieu au tryptophane, 14 fragments pesant ensemble 182^{mg} pesaient, au bout de la même période, 221^{mg}. Les rapports moyens d'accroissement étaient donc respectivement de 1,24 et de 1,21 seulement. Ainsi, dès le deuxième passage sur ces milieux, la croissance devient sensiblement nulle.

En résumé :

1° Le milieu dont la formule a été donnée dans notre Note du 13 septembre 1937 permet la culture en série de tissus de Carotte depuis plus de de 5 ans. 2° Ni le glucose, ni l'acide indol-β-acétique ne peuvent être supprimés de ce milieu. 3° Le chlorhydrate de cystéine n'est pas indispensable. 4° Ni l'acide indol-β-propionique, ni le tryptophane ne peuvent remplacer l'acide indol-β-acétique dans notre milieu.

GÉNÉTIQUE. — *Comportement cytogénétique d'un hybride amphidiploïde fertile,* Nicotiana tabacum *L. var.* purpurea *Anast.* ($n = 24$) × N. Sylvestris *Speg et Comes* ($n = 12$), *obtenu après traitement à la colchicine.* Note de MM. **Marc Simonet** et **Alexandre Fardy**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le traitement par une ou deux gouttes d'une solution de colchicine à 1 % contenant 2 % de méthylcellulose, d'une centaine de jeunes plantules de la F_1

de l'hybride interspécifique *Nicotiana tabacum* L. var. *purpurea* Anast. ($n = 24$) $\times$ *N. sylvestris* Speg. et Comes ($n = 12$) [1] à $2n = 36$, nous a donné environ 20 % de pieds amphidiploïdes à $2n = 72$ [2]. Les expériences ont été faites au cours de cette année, à la Villa Thuret (Cap d'Antibes).

Les pieds témoins sont hauts (2^m environ) et vigoureux, à phénotype *tabacum* : feuilles largement ovales; fleurs de couleur rose vers le sommet, à pétales de forme aiguë. La floraison est abondante, mais la plupart des capsules formées sont vides.

Les pieds amphidiploïdes, à floraison plus tardive, sont moins développés (hauteur 1^m,20 à 1^m,40). Les feuilles, ovales-oblongues, légèrement dressées, sont plus petites et plus épaisses que celles des témoins. Les fleurs à pigmentation plus intense sont légèrement plus grandes, à corolle rugueuse (gorge renflée); à étamines plus exsertes, remplies de pollen; à stigmate plus développé et à capsules grosses, ovoïdes, chacune d'elles contenant 200 à 300 graines bien conformées.

L'étude cytologique de la F_I des pieds témoins ($2n = 36$) a déjà été faite par T. H. Goospeed et R. E. Clausen (1927), et, plus récemment complétée par A. Dusseau et A. Fardy (1940), et A. Fardy (1941) [3]. Au cours de la méiose de la F_I il se forme 12 bivalents : les 12 chromosomes de *sylvestris* se conjuguent avec 12 des 24 chromosomes de *tabacum* (allosyndèse); certains des 12 chromosomes restant en M_I (métaphase hétérotypique) s'apparient secondairement ou s'associent à des bivalents de la plaque par un fin filament (Feulgen-positif), tandis que les autres, le plus fréquemment au nombre de 6, gardent leur indépendance complète. Les stades qui suivent comportent de nombreuses anomalies. Les gamètes formés sont très déficients, à nombre chromosomique généralement voisin de 18; très peu d'entre eux sont viables avec $n = 12$, 13 (type *sylvestris*) ou $n = 23$ (type *tabacum*). D'une part les tétrades sont souvent accompagnées de microcytes dans une proportion pouvant atteindre 15-20 % environ; d'autre part 80 % des grains de pollen sont aberrants ou vides.

La méiose chez les pieds amphidiploïdes ($2n = 72$) présente des particularités différentes : en M_I, certains chromosomes ne sont pas disposés dans le plan équatorial; l'examen des vues de profil montre souvent que certains bivalents manifestent un certain degré d'asynapsis, les éléments monovalents homologues étant fréquemment situés de part et d'autre du plan équatorial.

Ces anomalies (disjonction précoce, asynapsis) affectent un pourcentage

(1) Réalisé par M. Gisquet, à l'Institut des Tabacs de Bergerac (Dordogne).

(2) Un hybride amphidiploïde *N. tabacum* $\times$ *sylvestris*, d'origine colchicinique, a déjà été signalé et sommairement décrit, du point de vue cytologique, par H. Smith (*Journ. of Heredity*, 30, 1939, p. 291).

(3) Voir pour les références A. Fardy, *Thèse de Doctorat*, 1941.

assez élevé de cas, environ 50 %, et rendent, de ce fait, assez difficile l'énumération des chromosomes à ce stade; les plaques analysées nous ont donné les variations suivantes : 36_{II}, $34_{II}+1_{IV}$, $32_{II}+2_{IV}$, $33_{II}+1_{IV}+2_{I}$; la présence de quelques tétravalents est due à l'existence d'une allo-autosyndèse, étant donné que cet hybride possède quatre stocks de chromosomes homologues au lieu de deux chez les témoins. En A_1 (anaphase hétérotypique), la séparation des chromosomes s'effectue régulièrement sans entraîner la formation de ponts. Ce fait est dû au mode d'accouplement des chromosomes (chiasmatypie); la majorité des chromosomes présentent, en effet, à la méta-anaphase, un seul chiasma de nature terminale. Les chromosomes bi- ou tétravalents se divisent rapidement, entraînant dans leurs mouvements vers les pôles les monovalents asynaptiques. Au stade de la fin de A_I ou début des télophases homéotypiques, on trouve 10-15 % d'éléments retardataires rejetés dans le cytoplasme. Les M_{II} (métaphases homéotypiques), dans environ 80 % des cas, sont du type $36+36$; les cas anormaux comprennent notamment les répartitions $35+37$, $35+35+2$, par suite de la répartition inégale des chromosomes appartenant aux formations tétravalentes; et, parfois, l'élimination des retardataires étant complète, on peut trouver des combinaisons déficientes à $35+34$ et $34+36$. Les A_{II} sont généralement exemptes de retardataires, et au stade *tétrades*, il ne se forme que 5-10 % de microcytes. A maturité, le pollen est bon à 90-95 % ; ce pourcentage étant plus élevé que celui donné pour l'hybride de Smith (75 %).

En résumé, l'action de la colchicine nous a permis de créer une combinaison amphidiploïde ($2n=72$) de *Nicotiana*, à phénotype *tabacum* dont la valeur génétique est d'autant plus grande que cet hybride est caractérisé par un haut degré de fertilité, tandis que les plantes témoins ($2n=36$) sont des hybrides presque totalement stériles, ne donnant que quelques rares graines.

L'étude de la méiose, faite pour la première fois à notre connaissance, a permis de voir la formation d'un pourcentage élevé de gamètes équilibrés à $n=36$. Ce fait semble s'expliquer : 1° par le mode de conjugaison des chromosomes (chiasmatypie terminale), qui facilite la répartition des chromosomes vers les pôles; 2° par l'existence d'une certaine *harmonie* nucléocytoplasmique, qui se traduit par la formation d'un très faible pourcentage de microcytes au stade des tétrades (5 à 10 %).

ZOOLOGIE. — *Les côtes et le squelette intermusculaire de* Clupea harengus. Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Prenant comme critère l'orientation de la croissance et de l'ossification, je considérerai comme seules côtes véritables les *côtes inférieures*, essentiellement caractérisées par le sens axifuge de leurs processus formatifs [1]. Chez *Clupea*

[1] S. W. Emelianov, *Zool. Jahrb.*, 60, 1935, pp. 133-262; 62, 1937, pp. 173-274.

harengus L. ([2]), le nombre des côtes varie avec celui des vertèbres abdominales, qui, seules, en sont pourvues, à l'exception des vertèbres 1 et 2; toutes les côtes s'articulent avec le processus transverse [Emelianov, 1935] de l'arc hémal.

Toutes les *arêtes musculaires* croissent et s'ossifient en direction axipète. Elles se répartissent en trois catégories, savoir : les *pleuroïdes* ([3]) ou *côtes supérieures*, les *métamyostes* ([4]) et les *mècostes* ([5]).

Dans chaque hémisome les deux premiers pleuroïdes sont crâniens; ils s'attachent à l'occipital latéral, le pleuroïde initial étant dorsal et un peu latéral, par rapport à la position du suivant. Le 3e pleuroïde est relié au centrum du métamère 1. Au métamère 2, le 4e pleuroïde est constamment coossifié avec le centrum. A compter du métamère 3, le pleuroïde est coossifié avec l'extrémité proximale de la côte, et cela jusqu'au métamère 23. Dans les métamères 24 et 25, le pleuroïde est relié conjonctivement à l'arc hémal. A partir du métamère 26, la liaison, toujours conjonctive, s'opère de nouveau avec le centrum; elle s'élève progressivement jusqu'au niveau de l'axe chordal, qu'elle atteint à la vertèbre 29 et s'y maintient définitivement. Le dernier pleuroïde appartient à la vertèbre 38.

Il existe deux séries de métamyostes. L'une d'elles est dorsale, par rapport au septum horizontal et, par conséquent, aux pleuroïdes; l'autre est ventrale, par rapport à ces mêmes éléments anatomiques. Les métamyostes de la série dorsale sont dits *épaxonaux*; ceux de la série ventrale sont dits *hypaxonaux*.

Dans chaque hémisome, les deux premiers métamyostes épaxonaux sont crâniens; ils s'attachent à l'occipital latéral. Sauf rare exception, l'extrémité proximale du 1er métamyoste épaxonal est coossifiée avec celle du 1er pleuroïde, et l'extrémité proximale du 2e métamyoste épaxonal est coossifiée avec celle du 2e pleuroïde. Dans le 1er métamère rhachidien, le 3e métamyoste épaxonal est coossifié avec la base du demi-arc neural, et il en est ainsi jusqu'à la vertèbre 26 inclusivement. A partir de la vertèbre 27, la liaison des métamyostes épaxonaux avec l'arc neural n'est plus que conjonctive et s'éloigne graduellement du centrum.

L'insertion de tous les métamyostes hypaxonaux est conjonctive. Le 1er d'entre eux se développe dans le métamère 3; il s'attache à la 1re côte. A partir de la vertèbre 26, le métamyoste hypaxonal s'attache à l'arc hémal; après la vertèbre 37, les côtes n'existant plus, l'insertion du métamyoste hypaxonal s'éloigne graduellement du centrum.

Le dernier métamyoste épaxonal et le dernier métamyoste hypaxonal

---

([2]) Cf. P. CHABANAUD, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 203.

([3]) Πλευρά, côte; εἶδος aspect.

([4]) Μετά, parmi; μῦς, muscle; ὀστέον, os.

([5]) Μῆκος, longueur; ὀστέον, os.

appartiennent au métamère 47 ou 48. A compter du métamère 24, les métamyostes, tant hypaxonaux qu'épaxonaux, émettent une apophyse styloïde, qui, orientée rostralement et dessinant un angle aigu avec la partie proximale de l'os, se situe dans le prolongement de la partie distale de celui-ci. Le métamyoste paraît alors composé de deux branches distinctes : une branche transversale (partie proximale de l'os) et une branche longitudinale, celle-ci se subdivisant elle-même en un segment antérieur et un segment postérieur. Le segment antérieur s'allonge progressivement, de l'avant vers l'arrière du rhachis; au métamère 24, ce segment est plus court que la branche transversale; il atteint rapidement la longueur de cette branche et la dépasse ensuite considérablement. Ce sont les *arêtes fourchues* du Hareng.

A compter du métamère 47 ou 48, il ne subsiste des métamyostes que leur seule branche longitudinale, qui prend la forme d'une lame étroite et très longue, dont le plat est parallèle aux couches de la musculature segmentaire. Ce sont les mècostes (décrits ici pour la première fois), lesquels se forment aux dépens du tendon des fléchisseurs profonds de l'uroptérygie. Les mècostes se répartissent en deux groupes de six chacun, un groupe épaxonal et un groupe hypaxonal, largement séparés l'un de l'autre, au niveau des centra rhachidiens.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Existence de variations dans l'état de développement des tubules glandulaires de la prostate femelle d'*Apodemus sylvaticus *L.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'existence de glandes prostatiques chez le Mulot (*Apodemus sylvaticus* L.) de sexe femelle a été signalée et une description de leur topographie et de leur structure microscopique a été donnée ([1]). Nous apportons ici des renseignements sur l'état de différenciation des tubes glandulaires de cette prostate femelle.

Dix-huit mulots femelles nous ont servi pour cette étude; ils ont été capturés à l'état sauvage, près du village de Vabre (Tarn); ils n'ont subi aucun traitement et ont été sacrifiés quelques heures après la capture. Les prostates ont été examinées histologiquement, la plupart en coupes sériées, à 7,5 μ d'épaisseur. Cette étude histologique nous a permis de mettre en évidence de grandes variations dans l'état de la glande : chez certains animaux, les divers tubules prostatiques sont étroits, tassés les uns contre les autres; leur épithélium est formé par une rangée de cellules basses, la hauteur moyenne de l'assise épithéliale est d'une dizaine de microns. Chez d'autres individus au contraire, les tubules sont largement dilatés; l'épithélium est formé d'une rangée de hautes cellules cylindriques (atteignant 18 à 20 μ); le noyau, situé en position basale, étant surmonté d'une épaisse couche de cytoplasme ([2]); dans certains tubules, l'épithélium dessine des villosités et des amas de sécrétion sont souvent visibles dans la lumière.

([1]) A. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, 136, 24 oct. 1942.

([2]) Après fixation au Zenker-formol et coloration à l'hémalun-éosine-safran, le proto-

Le tableau ci-dessous résume l'état des glandes prostatiques femelles de 14 mulots, examinées sur coupes sériées.

Désignation du Mulot.	Date de capture.	Poids de l'animal (g).	Longueur totale de l'animal (mm).	État de développement des glandes prostatiques.		
				Tubules.	Épithélium.	Secrétion
M 96..	2-VIII-39	27,50	191	étroits	atrophié	
M 98..	»	13,0	153	larges	très élevé	
M 99..	»	19,70	171	moy. développés		
M 100..	»	21,1	94,5 (*)	très larges	moy. élevé	présente
M 102..	»	non pesé	191	moy. développés	élevé	absente
M 128..	10-IX-41	25,37	89 (*)	larges	élevé	présente
M 131..	13-IX-41	19,21	170	étroits	bas	absente
M 133..	1-IV-42	16,72	166	moy. développés	élevé	absente
M 137..	4-IV-42	16,52	160	étroits	bas	absente
M 140..	9-IV-42	19,87	80 (*)		id.	
M 141..	4-IX-42	23,77	168,5	assez larges	élevé	début
M 145..	20-IX-42	11,29	140	assez larges	très élevé avecmitoses	
M 148..	25-IX-42	28,19	193	larges	très élevé	traces
M 149..	»	25,49	184,5	larges	élevé	présente

(*) Longueur : tête + corps seulement (queue sectionnée).

L'examen du tableau permet de conclure que la prostate femelle du Mulot présente, chez l'adulte, des variations d'activité nettement marquées, allant d'une atrophie quasi totale, à un état de développement et de différenciation des tubes glandulaires assez voisin de celui qui est atteint chez le mâle normal.

L'étude des réactions de cette glande prostatique femelle à diverses substances hormonales est actuellement en cours et les facteurs responsables de son activité n'ont pu être encore déterminés. Deux faits doivent cependant, dès maintenant, retenir l'attention :

a. Les mulots M 98 et M 145, ainsi qu'en témoignent leur poids faible, leur petite taille et leur coloration plombée uniforme (absence de teintes rousses), étaient de très jeunes femelles; leur prostate présente cependant des signes de grande activité (mitoses très nombreuses chez la femelle M 145).

b. Chez les adultes, nous avons observé un développement important de la glande prostatique chez des femelles en gestation (mulots M 102, M 128, M 141 et M 149); d'autres prostates bien développées ont été rencontrées chez des femelles dont les ovaires renfermaient de nombreux corps jaunes. Enfin nous signalerons que les individus M 133, M 137 et M 140, dont les prostates sont atrophiées, avaient un vagin fermé et des cornes utérines très minces; le vagin de la femelle M 131 était également fermé, mais cet animal était en lactation, et il existe des corps jaunes dans ses ovaires.

L'étude des glandes endocrines de ces divers individus est actuellement en

---

plasme de ces cellules épithéliales apparaît comme finement granuleux et faiblement coloré; dans certains cas, on distingue, dans la cellule, une zone supra-nucléaire peu colorée, limitée du côté externe par une étroite bande transversale foncée, elle-même surmontée par une assez large zone très faiblement teintée.

cours et sera rapportée dans un autre travail. Quelle que soit la nature (androgène vraisemblablement) de la sécrétion hormonale responsable de la stimulation de cette prostate, qu'elle ait une origine surrénalienne ou ovarienne, l'état de développement accentué de cette glande, observé chez ce Rongeur adulte, représente un fait nouveau dans le domaine de la physiologie de la prostate femelle : toutes les prostates femelles jusqu'ici étudiées, et en particulier celle du Rat et de la Souris, étaient atrophiées, chez l'adulte (3), leur épithélium ne présentant aucun signe d'activité et étant morphologiquement semblable à celui du mâle castré (4).

CYTOPHYSIOLOGIE. — *L'action de l'adrénaline sur les oxydations dans la cellule vivante.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

La mise en évidence d'une action de l'adrénaline sur le métabolisme a été essayée par diverses méthodes : soit sur des organismes, soit sur des organes, soit sur des tissus. Les résultats des expériences sont contradictoires. Nous envisageons ici le problème au point de vue cytophysiologique. L'adrénaline agit-elle directement sur la cellule vivante? Cette action modifie-t-elle le rythme des oxydations cellulaires ?

L'action de l'adrénaline sur divers types de cellules animales a été étudiée. Dans chaque expérience deux fragments microscopiques égaux sont prélevés, au même moment, sur le même tissu vivant. Ils restent placés exactement pendant le même temps (10 à 20 minutes suivant les expériences), l'un dans une goutte de solution Ringer, l'autre dans une goutte de solution Ringer renfermant 1/2000 d'adrénaline. Des quantités égales du même leucodérivé sont alors placées, au même moment, sur l'une et l'autre des deux préparations, et l'on apprécie le pouvoir oxydant des deux fragments comparés, en suivant la rapidité et l'intensité de l'oxydation du leucodérivé ayant pénétré dans les cellules.

Chez la *Pintade*, le tissu nerveux (encéphale), étudié avec le leucodérivé de la phénosafranine, le tissu musculaire (muscle de l'aile) étudié au moyen du leucodérivé du bleu de crésyl, manifestent un pouvoir d'oxydation plus élevé, quand ils ont absorbé de l'adrénaline.

---

(3) C'est seulement chez les Rats immatures que des prostates femelles présentant des signes nets d'activité ont été observées; la cause de cette activité a été rapportée à la fonction androgène des surrénales de ces individus impubères (D. Price, W. M. Burrill et R. R. Greenne, 1939).

(4) L. Marx, *Arch. Entw. Mechan.*, 124, 1931, p. 584; *Z. Zellforsch. mikroskop. Anat.*, 16, 1932, p. 48; V. Korenchevsky et M. Dennison, *J. Path. and Bact.*, 42, 1936, p. 91; V. Korenchevsky, *Nature*, 136, 1936, p. 185; *J. of Physiol.*, 90, 1937, p. 371; J. B. Hamilton et J. M. Wolffe, *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 36, 1937, p. 465; E. Witschi, J. J. Mahoney et G. M. Riley, *Biol. Zent.*, 58, 1938, p. 455.

Chez le *Triton*, les cellules du muscle de la queue, les cellules du muscle cardiaque, les cellules de l'encéphale, étudiées, soit avec le leucodérivé de la phénosafranine, soit avec le leucodérivé du bleu de crésyl, présentent un pouvoir d'oxydation plus élevé quand elles ont subi l'action de l'adrénaline. Chez les *Crabes femelles*, les cellules musculaires de la pince et du céphalothorax, étudiées avec l'un ou l'autre des leucodérivés des substances suivantes : bleu de crésyl, bleu de Nil, rouge neutre, phénosafranine, thionine, les cellules du muscle cardiaque et celles du tissu branchial, étudiées avec le leucodérivé de la phénosafranine, manifestent un pouvoir d'oxydation plus élevé quand elles ont subi l'action de l'adrénaline. Chez les *Crabes mâles*, les cellules musculaires de la pince, étudiées, soit par le leucodérivé du rouge neutre, soit par le leucodérivé du bleu de crésyl, soit par le leucodérivé de la thionine, les cellules du muscle cardiaque et des branchies, étudiées avec le leucodérivé du bleu de méthylène, manifestent un pouvoir d'oxydation plus élevé quand elles ont absorbé de l'adrénaline. Chez l'*Escargot*, les cellules musculaires du pied et les cellules de l'épithélium intestinal, étudiées, soit avec le leucodérivé de la phénosafranine, soit avec le leucodérivé du bleu de Nil, soit avec le leucodérivé du bleu de méthylène, manifestent un pouvoir d'oxydation plus élevé quand elles ont subi l'action de l'adrénaline. Les *Grégarines* parasites du *Tenebrio molitor*, *Gregarina polymorpha* et *Steinima ovalis*, constituent un matériel qui se prête moins bien que les tissus précédents à des comparaisons rigoureuses, car les populations extraites d'un même organisme ne sont pas constituées par des individus absolument semblables. Il est possible, cependant, de constater, soit avec le leucodérivé du bleu de crésyl, soit avec le leucodérivé du rouge neutre, que, chez les populations ayant absorbé de l'adrénaline, le cytoplasme des Grégarines réoxyde plus rapidement l'un ou l'autre des leucodérivés que chez les populations, de même provenance, n'ayant pas subi l'action de l'adrénaline.

Ainsi, chez des organismes divers, des Vertébrés aux Protozoaires, dans des types cellulaires très variés, il est possible de constater que des traces d'adrénaline, en pénétrant dans une cellule vivante, augmentent le pouvoir d'oxydation intracellulaire. Les résultats de recherches en cours nous permettent d'ajouter qu'une constatation semblable peut être faite sur des cellules végétales vivantes. Il s'agit donc d'une qualité très générale de l'adrénaline.

Il y a une certaine opposition entre les résultats apportés par les expériences décrites ci-dessus et ceux obtenus dans nos recherches sur la vitamine C [1]. Dans les expériences faites avec la vitamine C, les résultats positifs sont rares, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'un supplément d'acide ascorbique peut trouver son utilisation dans le mécanisme des oxydations cellulaires. Avec l'adrénaline au contraire, la plupart des expériences donnent un résultat positif et, très fréquemment, la cellule vivante est capable d'utiliser un supplément d'adrénaline pour augmenter le rythme de ses oxydations.

Conclusions. — *L'adrénaline a une action directe sur la cellule vivante, elle augmente la rapidité et l'intensité des oxydations intracellulaires.*

---

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 306.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les phosphatases des hématies actives en milieu acide (phosphatases acides).* Note de MM. **Jean Roche**, **Nguyen-van Thoai** et M[lle] **Josette Baudoin**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les cellules animales ou végétales renferment des systèmes phosphatasiques constitués par un ensemble de phosphoestérases et de pyrophosphatases. Dans le cas des hématies anucléées (Cheval) la présence de deux phosphomonoestérases, actives respectivement au pH optimum de 9,2 et de 5,8, et celle d'une pyrophosphatase de pH optimum 7,8 ont été établies par l'un de nous et Bullinger (¹). Étant donnée l'existence fréquente de plusieurs phosphatases acides dans de nombreux tissus et la diversité que présentent leurs caractères et ceux de l'enzyme globulaire de pH optimum 5,8, nous avons entrepris de nouvelles recherches sur l'activité phosphatasique des hématies en milieu acide. Leurs principaux résultats peuvent être ainsi résumés :

I. Les hématies anucléées (Bœuf, Rat) contiennent *deux phosphomonoestérases acides*, de pH optimum respectif 5,5 et 4,1, hydrolysant plus énergiquement l'α- que le β-glycérophosphate de sodium. L'enzyme de pH optimum 4,1 (type A_3 de Folley et Kay) se détruit spontanément en quelques jours dans les globules conservés à + 2°, tandis que celui actif en milieu moins acide (type A_4) est beaucoup moins labile.

II. Les ions *magnésium* (Mg^{++}) et *manganèse* (Mn^{++}) exercent sur le pouvoir phosphoestérasique de ces enzymes une action identique; ils *activent*, Mn^{++} plus fortement que Mg^{++}, celui de pH optimum 5,5 et *inhibent* celui de pH optimum 4,1. A cet égard Mg^{++} se comporte identiquement vis-à-vis de la phosphomonoestérase A_4 des levures (Schäffner et Bauer) et des tissus végétaux (Nguyen-van Thoai) (²). Par contre la phosphatase de pH optimum 5,0, plus active sur le β- que sur l'α-glycérophosphate de sodium, très répandue dans la nature (Bamann et Diederichs; Belfanti, Contardi et Ercoli; Courtois; Nguyen-van Thoai), est insensible à Mg^{++}; il y a donc toujours lieu de la considérer, avec Folley et Kay, comme un type particulier de phosphomonoestérase (A_2).

III. L'*acide ascorbique* et les *thiols* (glutathion, cystéine) *activent* la phosphomonoestérase de pH optimum 5,5, tandis que celle de pH optimum 4,1 est *activée* par les thiols et *inhibée* par l'acide ascorbique. Le comportement de ces divers corps doit être rattaché à une action spécifique de chacun

---

(¹) J. Roche, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 13, 1931, p. 851; *Biochem. Journ.*, 25, 1931, p. 1724; J. Roche et E. Bullinger, *Enzymolog.*, 7, 1939, p. 278.

(²) Pour Bamann et Salzer (*Biochem. Zeits.*, 286, 1936, p. 143), la phosphatase A_3 du foie serait insensible à Mg^{++}. Nous avons au contraire constaté que cet enzyme est nettement inhibé par l'ion magnésium, lequel doit être considéré comme un *inhibiteur général* de la phosphomonoestérase A_3 dans les tissus animaux et végétaux.

plutôt qu'à leur participation à des équilibres d'oxydoréduction (Waldschmidt-Leitz), comme nous l'ont montré des expériences en présence d'oxydants et de réducteurs divers.

IV. Il existe, dans les hémathies anucléées (Bœuf, Rat), *deux pyrophosphatases acides*, de pH optimum respectif 5,4 et 4,1, *activables par l'ion magnésium et*, plus fortement encore, *par l'acide ascorbique*. Ces deux enzymes ont pu être séparés des phosphomonoestérases globulaires par adsorption sur kaolin.

V. Les hématies sont les seules cellules animales renfermant la phosphomonoestérase A_4. Par ailleurs, la sensibilité de leurs diverses phosphatases à certains corps susceptibles de participer à des équilibres d'oxydoréduction (thiols, acide ascorbique) mérite d'être retenue; elle explique l'interdépendance de phénomènes de phosphorylation et de processus d'oxydoréduction au cours de la glycolyse dans les hématies.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation des glucides au cours de la germination du Ricin.* Note de M. **Jacques Houget**, présentée par M. Maurice Javillier.

La conversion des graisses en hydrates de carbone a été établie avec le plus de netteté lors de la germination des graines à réserves grasses. Tous les auteurs ont noté que des sucres se forment alors en même temps que les réserves lipidiques s'épuisent et que le développement de la plantule progresse. Mais le mécanisme de cette transformation reste toujours inconnu et on ne sait pas encore avec certitude à quels glucides les graisses donnent d'abord naissance. Pour essayer d'apporter quelques données à ce sujet, nous avons étudié les modifications chimiques qui accompagnent la germination de la graine de Ricin.

Nous avons fait germer des graines de *Ricinus sanguineus* aussi stérilement que possible à 28°,5, température voisine de l'optimum. Nous rapportons dans le tableau suivant les valeurs des sucres réducteurs, des sucres non réducteurs et des lipides totaux en fonction de la durée de germination. Les résultats sont exprimés en grammes pour 100 graines.

Temps de germination en jours...	0.	1.	2.	3.	4.	5.
Glucides réducteurs.....	0,117	0,087	0,014	0,510	2,87	4,06
» non réducteurs.	1,0	1,0	0,992	1,93	8,6	15,6
Lipides totaux.........	24,6	24,5	24,0	22,7	9,63	0,48

Pendant les deux premiers jours les hydrates de carbone existant dans la graine diminuent très légèrement, ainsi que les réserves grasses; puis, à partir du troisième jour, la conversion des lipides en glucides se développe avec une grande vitesse et dès le cinquième jour elle est terminée avec l'épuisement des réserves lipidiques. On remarque que les glucides formés sont constitués

principalement par un sucre non réducteur. On se souvient que J. R. Green [1] a identifié le saccharose dans la graine de Ricin en germination et que J. B. Rhine [2] ainsi que H. B. Pierce, D. E. Sheldon et J. R. Murlin [3] ont aussi constaté l'abondance d'un sucre non réducteur. On doit alors se demander si le saccharose ne constitue pas le premier sucre formé par la transformation des graisses et si les autres glucides ne dérivent pas de lui.

Nous avons alors cherché à identifier, dans l'albumen et dans la plantule, les différents hydrates de carbone et à déterminer leur pourcentage réciproque. Les valeurs des pouvoirs réducteurs et des pouvoirs rotatoires, avant et après hydrolyse, montrent qu'il y a dans l'albumen 86,5 % des sucres sous forme de saccharose, 8,7 % sous forme de glucose et 4,8 % sous forme de lévulose. Dans les plantules le glucose et le lévulose représentent 32,5 % des sucres, il n'y a que très peu de saccharose et l'amidon est très abondant (environ 60 %).

D'un autre côté, on sait que Ph. van Tieghem [4] a observé que l'albumen de Ricin privé d'embryon continue à s'accroître en même temps que l'huile y diminue. Nous avons pu vérifier ce fait par l'analyse. Des albumens provenant de graines ayant déjà 4 jours de germination sont séparés de leurs embryons et conservés 24 heures en chambre humide à 28°,5. Pendant ce temps, les graisses diminuent de $4^{g},35$ à $1^{g},78$, les sucres réducteurs augmentent de $1^{g},05$ à $2^{g},2$ et les sucres non réducteurs de $5^{g},6$ à $9^{g},8$. Nous avons ainsi la preuve certaine que la transformation des graisses en hydrates de carbone se réalise dans l'albumen. Comme le saccharose y est de loin le sucre le plus abondant, on peut penser qu'il est le premier sucre formé; et ceci d'autant plus que le glucose et le lévulose qu'on trouve à côté de lui doivent en provenir par l'action de la sucrase dont von Fürth a signalé la présence et dont nous avons pu nous-même constater l'action rapide.

L'ensemble de ces résultats nous permet de conclure que, au cours de la germination, les réserves grasses de la graine sont transformées par l'albumen en saccharose; celui-ci est scindé ensuite en glucose et lévulose. Ces sucres réducteurs sont alors absorbés par les cotylédons et distribués à la plantule qui les utilise pour sa croissance et son entretien et met en réserve le surplus sous forme d'amidon.

---

(1) *Proc. Roy. Soc. London*, 48, 1890, p. 370.
(2) *Bot. Gaz.*, 82, 1926, p. 154.
(3) *J. Gen. Physiol.*, 17, 1933, p. 311.
(4) *Annal. Sc. Nat. Bot.*, 4, 1876, p. 180.

IMMUNOLOGIE. — *Action de la protéolyse sur la virulence de la substance nerveuse rabique.* Note de MM. **Pierre Remlinger** et **Jacques Bailly**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ainsi que nous l'avons montré, la dessiccation est un agent non d'atténuation, mais de conservation du virus rabique, et ce qui atténue le virus dans les moelles de la vaccination pasteurienne, ce sont les diastases protéolytiques des tissus. De ce fait nous pouvons donner une nouvelle preuve. Placé dans certaines conditions physiques, l'acide ascorbique agit comme un puissant facteur d'inhibition des polypeptidases. Théoriquement, son addition à une émulsion de virus rabique doit donc prolonger la durée de la virulence et les passages par l'encéphale des animaux faire ressortir cette prolongation. C'est en effet ce qui se produit. Une émulsion à 1/200, aussi fine que possible, de virus fixe est passée à travers un papier filtre, puis additionnée d'acide *l*-ascorbique (vitamine C cristallisée). Les mélanges sont conservés à l'obscurité, à une température de 21-24°, le pH ajusté à 6,8 et l'on opère rigoureusement à l'abri de l'oxygène de l'air et de toute trace de cuivre. A des intervalles de temps variés, on prélève, dans les mélanges pourvus d'acide ascorbique et dans les émulsions témoins, des échantillons, qui sont inoculés à la dose uniforme de $0^{cm^3},05$ sous la dure-mère de la Souris. Alors que les émulsions de substance cérébrale rabique sont inactives après 2 jours de conservation, les mêmes émulsions, additionnées de 1/1000 d'acide ascorbique, confèrent la rage jusqu'au 8e jour, c'est-à-dire pendant une durée quatre fois plus longue. Le taux de 1/1000 d'acide ascorbique paraît le plus favorable. L'activité des émulsions à 1/500 ne dépasse pas 3 jours. Quant aux émulsions à 1/10000, à 1/50000 et à 1/100000, elles se sont comportées comme les témoins dépourvus de vitamine C. La prolongation de la durée de la virulence sous l'influence de l'acide ascorbique ressort nettement de ces expériences.

Il y a là un argument important en faveur de l'opinion que la disparition précoce du virus rabique dans la substance nerveuse et particulièrement dans les moelles de la vaccination pasteurienne est due à l'action des diastases protéolytiques du tissu.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Innocuité pour l'Homme de la piqûre du Pou typhique et données expérimentales sur les conditions de l'infection typhique.* Note de Mme **Hélène Sparrow** et M. **Pierre Mareschal**, présentée par M. Émile Roubaud.

Depuis une vingtaine d'années et malgré l'opinion généralement admise, certains observateurs avaient émis des doutes sur la possibilité de transmission du typhus exanthématique par la seule piqûre du Pou typhique. Notre

expérience personnelle, confrontée en 1937 avec celle de R. Weigl et de ses collaborateurs qui ont récemment mis en cause exclusive les crottes des poux comme source infectante, nous avait confirmés dans cette même conviction. Le fait étant d'une importance primordiale, nous avons cru pouvoir en apporter ici les preuves expérimentales.

Seules, les expériences directes sur l'Homme pouvaient, en la circonstance, résoudre la question, puisque le Pou de corps, parasite exclusif de l'Homme, ne trouve que sur l'Homme des conditions normales de vie. Avec les poux de notre élevage, nous avons fait deux séries d'expériences sur l'Homme.

Pour la première série, nous avons utilisé le *virus murin 1 de Tunis*, dont nous avions déjà montré l'identité de comportement, dans l'intestin du Pou, avec le virus historique et dont de nombreuses expériences nous ont démontré, depuis 1933, la faible virulence pour l'Homme. *Aucun des 7 sujets piqués par un nombre élevé de poux, infectés par ce virus, n'a contracté le typhus.*

Ces résultats nous autorisaient à utiliser, pour *la deuxième série* d'expériences, non plus le virus-murin, mais 3 souches différentes de *virus historique. Aucun des 4 sujets piqués par un nombre élevé de poux, infectés par ce virus, n'a contracté le typhus.*

Conditions générales des expériences. — Les poux, pris dans notre élevage, étaient inoculés par la méthode de R. Weigl (injection anale). Au moment de l'infection optima (6e-8e jour suivant le virus), les poux, bourrés de Rickettsies typhiques, placés, au nombre de 60 à 100, dans des cagettes, étaient portés sur des malades de l'Hôpital pour Maladies mentales, désignés pour la pyréthothérapie et choisis spécialement.

Dans certains essais, les cages et les poux eux-mêmes étaient désinfectés par des bains d'alcool à 70°, et la peau des sujets nettoyée à l'alcool après les piqûres, pour éviter le contact des crottes des poux. Au cours d'autres expériences au contraire, nous avons volontairement supprimé ces précautions et recommandé au sujet de gratter énergiquement, à la place de la cage enlevée, la peau souillée de crottes. Même dans ces conditions, nous n'avons jamais obtenu d'infection, bien que les crottes recueillies aient été reconnues riches en Rickettsies virulentes.

Dans tous les cas, les sujets ont été maintenus en observation pendant 4 à 8 semaines; leur température était prise régulièrement toutes les trois heures, jour et nuit, et le Weil-Felix vérifié tous les 10 jours.

Inoculation d'épreuve. — Parmi les sujets *de la première série*, dont aucun n'avait réagi après la piqûre des poux infectés, renouvelée 3 à 5 fois, nous en avons éprouvé (3 mois après) 5 sur 7, avec le même virus murin. Deux d'entre eux ont été inoculés par dépôt, sur la face interne de l'avant-bras, d'une goutte d'eau physiologique renfermant des crottes provenant des poux infectés; à l'aide d'un vaccinostyle, nous avons étalé ce mélange et scarifié légèrement la peau. Pour deux autres, nous avons remplacé les crottes par les

intestins des poux écrasés. Le cinquième sujet a reçu, sur la conjonctive de l'œil gauche intacte, des crottes sèches de poux infectés. Quatre de ces cinq sujets on réagi par un typhus murin net, avec réaction de Weil-Felix positive. Un des deux sujets inoculés par scarification avec les intestins des poux n'a présenté que des poussées fébriles de courte durée et atypiques, suivies d'une légère augmentation du taux de Weil-Felix, ce qui nous fait penser à une infection typhique antérieure; le deuxième sujet a réagi d'une façon caractéristique.

Pour deux des quatre sujets de *la deuxième série*, l'épreuve a été jugée inutile, l'anamnèse étant parfaitement connue. Les deux autres ont été éprouvés par instillation oculaire : pour l'un, avec les intestins de poux broyés, pour l'autre, avec de la poussière de crottes. Tous les deux ont réagi d'une façon typique, avec Weil-Felix positif.

Nous pouvons donc affirmer que la piqûre réitérée d'un grand nombre de poux typhiqués n'avait provoqué aucune réaction sur ces 7 sujets, dont la sensibilité envers le virus du typhus a été démontrée par l'épreuve.

Conclusions. — Nos expériences confirment que la piqûre du Pou infecté de Rickettsies typhiques est incapable de contaminer l'Homme. Dans les conditions de nos expériences, nous n'avons pas obtenu d'infection par grattage de la peau souillée avec des crottes sèches. Par contre les crottes, humidifiées et étalées sur la peau légèrement scarifiée, ont provoqué l'infection. Celle-ci est régulière après l'instillation des crottes desséchées dans le sac conjonctival de l'œil. Les intestins des poux, écrasés et inoculés par scarification ou par instillation, se sont également montrés virulents.

A 16h30m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *A. d'Arsonval :*

En première ligne............	M. **Léon Binet**.
En seconde ligne, ex æquo *par*	MM. **Henri Piéron**.
ordre alphabétique.........	**Georges Schaeffer**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h30m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1942.

La recherche scientifique des gisements minéraux, par F. Blondel. Paris, Bureau d'études géologiques et minières coloniales, 1942; 1 vol. 24^{cm}.

Éphémérides nautiques ou *Extrait de la Connaissance des temps pour l'an* 1942. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes, spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1941; 1 vol. 24^{cm}.

Éphémérides nautiques ou *Extrait de la Connaissance des temps pour l'an* 1943. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes, spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 vol. 24^{cm}.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1943, publié par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 vol. 25^{cm},5.

Actualités scientifiques et industrielles, 925-926. *Radiophysiologie expérimentale. Cancer et hormones.* Exposés publiés sous la direction de Antoine Lacassagne. *Modification expérimentale de la différenciation sexuelle des embryons de souris par action des hormones androgènes et œstrogènes. Étude des états d'intersexualité qui en résultent,* par Albert Raynaud. Paris, Hermann et Cie, 1942; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. M. Caullery).

Essais de Géotechnique. I. *Caractéristiques physiques et mécanismes des sols,* par M. Buisson. Tours, Arrault et Cie, 1942; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. L. Guillet).

Que sais-je? *L'étude physique de la Terre,* par Charles Maurain. Paris, Presses universitaires, 1942; 1 vol. 17^{cm},5.

Description géométrique détaillée des Alpes françaises, par Paul Helbronner. Tome XII. *Massifs des Alpes maritimes et Tables générales.* Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 34^{cm}.

Publications de l'Université d'Aix-Marseille. *Annales de la Faculté des sciences de Marseille.* IIe série, Tome XIII, Fascicule IV. *Fragments de biochimie entomologique. Hormones et milieu intérieur chez les Insectes,* par Jean Timon-David. Marseille, Imprimerie marseillaise, 1941; 1 fasc. 25^{cm}.

Paul Bert, précurseur de l'organisation des recherches scientifiques dans les Colonies, par Auguste Chevalier. Extrait des *Comptes rendus des séances des* 17 *avril et* 1er *mai* 1942 *de l'Académie des sciences coloniales.* Paris, Académie des sciences coloniales, 1942; 1 fasc. 25^{cm}.

Savoir en histoire naturelle. Volume X. Formulaire technique du botaniste préparateur et voyageur. *Ce qu'il faut savoir pour récolter, préparer, expédier, conserver et présenter les plantes et objets d'origine végétale,* par A. Guillaumin. Paris, Paul Lechevalier, 1942; 1 vol. 18^{cm},5 (présenté par M. A. Chevalier).

Lacrymaux d'un Pécari à lèvres blanches (Dicotyles labiatus Cuvier) *rappelant, par certains traits, les lacrymaux de l'Hippopotamus* (Chœropsis) *liberiensis, Morton,* par E.-G. Dehaut. Extrait du *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle,* 2e série, tome XIV, 1942; 1 fasc. 24^{cm}.

Du type classique au type futur de la locomotive à vapeur, par Maurice Roy. Paris, Imprimerie L. Hardy, 1942; 1 vol. 27^{cm},5.

Vitamine antipellagreuse et avitaminoses nicotiniques, par Louis Justin-Besançon et André Lwoff. Paris, Masson et Cie, 1942; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. M. Javillier).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 3 NOVEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Hétérogénéité des curares et de leurs propriétés pharmacodynamiques*. Note de M. LOUIS LAPICQUE.

Le curare, poison de chasse de certains Indiens de l'Amérique du Sud, est depuis plusieurs siècles un objet de curiosité pour les voyageurs, pour les physiologistes et pour les chimistes, sans que cette curiosité soit épuisée.

C'est d'abord que le curare n'est pas un toxique quelconque; suivant l'expression de Claude Bernard, c'est un outil physiologique permettant de séparer le muscle volontaire de son nerf moteur. C'est ainsi que Claude Bernard a pu démontrer que le muscle possède son excitabilité propre. Mais, pour préciser l'étude de cette excitabilité, il faut évidemment comprendre comment s'opère la disjonction. La question est importante, car de sa solution dépendent des conséquences applicables au fonctionnement intime du système nerveux. Or, elle a donné lieu à des discussions véhémentes, pour le moment assoupies, mais sans que se soit établi un consensus général.

D'ailleurs toute l'histoire du curare est pleine de contradictions. Les chimistes, depuis cent ans, ont décrit une *curarine*, puis d'autres, sans que l'on puisse en trouver aucune capable de servir de base à l'analyse physiologique de la curarisation. Par exemple, pour ne citer que les travaux parus depuis moins de cinq ans, nous trouvons 1° un alcaloïde donné par son auteur comme le principe unique et définitif du curare, mais qui exerce sur le nerf et sur le muscle des actions inconciliables avec ce qu'a décrit Claude Bernard [1]; 2° une série de 10 alcaloïdes, extraits par une équipe sous la direction d'un chimiste éminent, et possédant, à des degrés divers, une activité *paralysante* non autrement définie; dans cette série, on ne retrouve clairement aucune des multiples curarines antérieurement décrites [2].

---

(1) Voir L. LAPICQUE, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 857; *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939, p. 1400.

(2) WIELAND et collaborateurs, *Ann. de Liebig*, 527, 1937, p. 160; 536, 1938, p. 68; 547, 1941, pp. 140 et 156.

Divers pharmacologues, en première ligne R. Boehm ([3]), ont montré qu'il y avait lieu de distinguer des curares différents, ce qui se comprend, chaque tribu ayant sa technique traditionnelle et des matériaux variables suivant sa zone d'habitat; mais Boehm est resté sur le terrain essentiellement chimique.

Intéressé à la clarification de la notion de curare, en raison d'une théorie personnelle sur la curarisation, j'ai pensé qu'il y avait lieu de préciser physiologiquement ces différences. Au cours de ces dernières années, j'ai étudié, avec Mme Lapicque, un grand nombre d'échantillons de curare fournis obligeamment par des Collègues, ou provenant des collections ethnographiques du Musée du Trocadéro. Nous sommes arrivés à des résultats qui permettent, me semble-t-il, une systématisation intéressante.

Claude Bernard insiste sur le calme dans lequel meurent les animaux curarisés; mais d'autre part on a depuis longtemps signalé des *curares convulsivants*. Sur la Grenouille, quelques curares nous ont donné l'une ou l'autre de ces symptomatologies; l'analyse chronaximétrique de l'état nerveux au cours de l'empoisonnement, avant toute paralysie, montre, dans le premier cas, une égalisation des chronaxies des antagonistes au niveau de la plus grande, comme par le chloral ou le véronal; dans le second cas, une égalisation au niveau de la plus petite ou même au-dessous, comme pour la strychnine ou la caféine.

Avec de nombreux spécimens, nous avons observé quelques combinaisons de ces deux effets; par exemple, les chronaxies baissent d'abord pour remonter ensuite. Sur de tels curares, on peut séparer les substances douées de l'une et de l'autre action; si l'on produit dans la solution de curare un précipité, soit par l'alcool éthylique à 70-80 %, soit par une alcalinisation ménagée, l'agent excitant passe dans le filtrat, l'agent calmant reste sur le filtre. Il s'agit donc de substances différentes caractérisées par des effets diamétralement opposés sur le système nerveux; il y a parallèlement de grandes différences dans les effets sur les muscles.

Avec la substance calmante, si l'on recherche l'efficacité des nerfs sur les muscles un peu après que l'animal est entièrement paralysé, on trouve en général que cette efficacité a disparu. Il y a *curarisation* au sens classique du terme; en même temps, on constate que la chronaxie des muscles a *augmenté*, au moins jusqu'à doubler. Mais avec la substance excitante, au moment où s'installe la paralysie, qui d'ailleurs comporte bien une inertie totale avec suppression des réflexes, mais laisse subsister des spasmes musculaires comme réaction à un ébranlement brusque du corps, l'excitabilité neuromusculaire est restée très vive, et la chronaxie musculaire est *diminuée*, parfois considérablement; dans un stade ultérieur, avec une dose plus forte, l'excitabilité par

([3]) *Abhandl. d. k. Sachs. Ges. d. Wissens., Math.-Phys. Kl.*, 37-22, 1895, p. 199; 42-24, 1898, p. 1.

le nerf disparaît, sans augmentation de la chronaxie musculaire, qui augmente seulement plus tard. Ainsi il y a bien encore curarisation, mais après des phases diverses qui indiquent un mécanisme différent du cas précédent.

Les descriptions de Claude Bernard, comme l'examen que j'ai fait d'un échantillon de son laboratoire obligeamment communiqué par M. Léon Binet, montrent que ce Maître a travaillé avec du curare de la première espèce. Le curare de la Sorbonne, dont je me suis servi pendant toutes mes recherches, ressemble assez à celui-là pour que j'aie pu le considérer comme identique. Tel est le curare traditionnel; je propose d'appeler *orthocurarisants* les principes qui reproduisent son action; le ou les principes qui possèdent une action différente, notamment une action excitante avec diminution de chronaxie, seront appelés *paracurarisants*.

Quand on veut discuter curarisation, il importe donc de préciser de quel curare on parle; l'emploi d'une *curarine* ne dispense pas de faire cette discrimination. La provenance et la nature du récipient indigène sont des indications à ne pas négliger. Les curares en calebasse (Haut-Orénoque, Vénézuela) sont orthocurarisants; les curares en tubes de bambou (Équateur) sont presque uniquement paracurarisants; les curares en pots de terre (Haut-Amazone, Pérou, Brésil) sont mixtes, avec des proportions diverses de l'un et de l'autre principe.

Mais ces indications ne sont pas suffisantes. Il faut une détermination physiologique, qui est nécessaire aussi au chimiste pour orienter et contrôler sa recherche ([4]). La variation des chronaxies est décisive; elle est facile à reconnaître si l'on a l'habitude de ces mesures et l'outillage approprié (condensateurs). Mais on peut obtenir, sans aucune instrumentation, un renseignement équivalent par un phénomène qui tombe sous le sens.

Dans une dilution à quelques centièmes de normale d'un acide fort, on fait tremper l'extrémité de la patte d'une Grenouille; celle-ci reste d'abord comme indifférente, puis, après un certain nombre de secondes, retire brusquement sa patte (Réflexe de Türck). Les préparations orthocurarisantes injectées à dose juste paralysante ou mieux un peu au-dessous, facilitent ce réflexe, c'est-à-dire raccourcissent le temps de latence, comme le véronal ou le chloral; les préparations paracurarisantes, aux mêmes doses, accroissent l'inhibition de ce réflexe, c'est-à-dire en augmentent le temps de latence, ou même le suppriment, comme la strychnine ou la caféine ([5]). La différence

---

([4]) Déjà Claude Bernard, ne soupçonnant pas l'hétérogénéité et considérant simplement l'efficacité quelle qu'elle soit, regrettait l'absence du contrôle physiologique : « Le meilleur réactif pour reconnaître le principe du curare est assurément la vie, pourtant c'est peut-être le seul qui n'ait pas été essayé » (*Leçons sur les subst. tox. et méd.*, 1857, p. 261).

([5]) L. et M. Lapicque, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 581. Pour le déterminisme de ces expériences, voir *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, pp. 179, 244 et 645.

radicale entre les deux principes curarisants est ainsi mise en lumière d'une façon objective.

Dans une prochaine Communication, j'indiquerai d'autres faits relatifs à cette différence.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Pouvoir cancérigène du benzopyrène selon le degré de purification.* Note de MM. **Gustave Roussy, Maurice et Paul Guérin.**

Les expérimentateurs, utilisant un même carbure cancérigène synthétique pour provoquer des cancers, ont obtenu des variations dans le pourcentage des résultats, et l'on pouvait se demander si celles-ci n'étaient pas dues, en partie, aux diverses impuretés présentes dans les différents échantillons des corps cancérigènes utilisés. Ces impuretés agiraient soit comme facteur d'inhibition par leur constitution chimique, en exerçant une action antagoniste à celle des carbures cancérigènes, soit comme facteur d'activation, en créant une irritation tissulaire locale, favorable à la cancérisation.

Pour aborder ce problème, nous avons utilisé du benzopyrène préparé à l'Institut du Cancer par M. Sannié et ayant subi une purification plus ou moins poussée, en particulier par chromatographie. Nous avons eu ainsi à notre disposition 4 échantillons différents dont les points de fusion respectifs étaient F 174-176° pour le premier échantillon, qui seul n'avait pas été chromatographié; F 176-177° pour le second; F 177-178° pour le troisième, et F 178,5-180° pour le dernier. Avec chacun des échantillons en solution à 1 °/₀₀ dans l'huile d'olive neutre, 10 rats mâles ou femelles de un an environ furent injectés sous la peau du dos, à la dose de 1^{cm^3} par animal. Dans les résultats nous avons éliminé tous les animaux ayant succombé sans tumeur avant le 4e mois, toutes les tumeurs étant apparues après ce laps de temps. Elles se développaient en 1 à 3 mois, en général en 2 mois environ.

Dans la première série, nous avons obtenu 6 tumeurs sur 10 animaux, soit un pourcentage de 60 %; les animaux ont succombé à leur tumeur du 5e mois 1/2 au 9e mois 1/2, en moyenne après 6 mois 1/2.

Dans la seconde série, le nombre de tumeurs est de 7 pour 9 animaux, oit 78 %; elles tuent les rats dans un laps de temps analogue au précédent, avec une moyenne de 6 mois 1/2 également.

Dans la troisième série, on observe 6 tumeurs sur 8 animaux ayant vécu assez longtemps, c'est-à-dire avec un pourcentage voisin du précédent à 75 %; les tumeurs provoquaient la mort des animaux du 5e mois 1/2 au 8e mois, mais dans une moyenne de temps plus élevée, de 7 mois environ.

Enfin dans la dernière série, le nombre de tumeurs augmente toujours, puisqu'il est de 9 tumeurs sur 10 rats, soit 90 %; la période de survie s'étend de 4 mois 1/2 à 10 mois, mais la moyenne s'élève encore un peu jusqu'à 7 mois 1/2.

En comparant les résultats de nos quatre séries, on constate donc que le pourcentage, qui était de 60 % avec le produit le moins purifié, s'élève à 90 % avec celui qui l'était le plus. Par ailleurs, le temps écoulé entre le début de l'expérience et la mort des animaux tend en moyenne à s'accroître peu à peu; ce délai, qui était de 6 mois 1/2 avec le produit impur, atteint 7 mois 1/2 avec le produit le plus pur. Cet accroissement de 1 mois dans la moyenne des temps paraît due à un allongement de la période de latence des tumeurs, car leur durée d'évolution varie peu, oscillant autour de 2 mois.

On arriverait donc à ce résultat assez paradoxal que la purification du produit cancérigène, en l'espèce le benzopyrène, entraînerait une amélioration du pourcentage des tumeurs, mais avec une augmentation légère de leur phase de latence. Ce dernier point mérite toutefois une réserve par le fait du petit nombre de rats, qui ne permet pas de tirer des conclusions fermes d'une statistique ne portant que sur un nombre restreint d'animaux; par ailleurs la différence du temps entre les deux séries extrêmes, qui est de 1 mois, n'est pas suffisamment marquée pour qu'on lui prête une signification décisive.

En n'accordant qu'une valeur indicative à ces expériences, qui demanderaient des études confirmatives faites sur une plus grande échelle, on peut conclure cependant que la purification du benzopyrène semble favoriser l'éclosion des tumeurs, puisque ce corps donne un pourcentage de celles-ci d'autant plus élevé qu'il est lui-même davantage purifié. Il est donc logique de rechercher une purification de plus en plus poussée des hydrocarbures cancérigènes pour obtenir un produit possédant le maximum d'activité.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie de deux Ouvrages qu'il vient de publier dans la Collection « Que sais-je? » : *Le Tabac* (en collaboration avec M. **F. Emmanuel**) *Le Coton* (en collaboration avec M. **Pierre Senay**).

M. **Paul Montel** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage posthume de **Henri Lebesgue**, *Les Coniques*, dont il a écrit la *Préface*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *A. d'Arsonval* décédé.

Le nombre des votants étant 40,

M. Léon Binet	obtient.............	24 suffrages
M. Georges Schaeffer	»	10 »
M. Henri Piéron	»	4 »

Il y a 2 bulletins blancs.

M. **Léon Binet**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

CORRESPONDANCE.

MM. **André Kling**, **Albert Pérard**, **Pierre Chevenard** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Louis Danty-Lafrance, Jean Chevalier, Louis Couffignal, André Chauvin, G.-L. Blanchard, F. Maurice. *Le Calcul mécanique et la comptabilité. Commémoration du tricentenaire de la machine à calculer.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Définition des fonctions plurisousharmoniques.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

L'extension de la méthode sousharmonique à l'étude des fonctions de plus de deux variables complexes conduit à définir une classe remarquable de fonctions réelles d'un point M de l'espace C^n des n variables complexes z_1, z_2, ..., z_n. Ces fonctions, que nous appellerons *plurisousharmoniques*, constituent une généralisation des fonctions sousharmoniques quand on passe du plan à l'espace C^n; elles possèdent par ailleurs des propriétés de connexité plus étendues que les simples potentiels de masses négatives définis dans l'espace réel E^{2n} lié à C^n dont elles sont un cas particulier.

Nous dirons qu'une fonction V(M) est sousharmonique sur la variété analytique à une dimension complexe $z_k = \varphi_k(t)$ $(k = 1, 2, \ldots, n)$, si V devient, par cette substitution, une fonction sousharmonique dans le plan de la variable complexe t.

La fonction V(M), qui sera notée également $V(z_1, z_2, \ldots, z_n)$, sera dite plurisousharmonique dans le domaine D de C^n, si elle possède les propriétés suivantes :

a. En tout point de D elle a une valeur réelle déterminée, finie ou égale à $-\infty$; elle prend une valeur finie en un point au moins de D; elle possède une *borne supérieure finie* sur tout domaine intérieur à D.

b. Sur tout plan analytique à une dimension complexe, elle est sousharmonique ou identique à la constante $-\infty$.

Nous noterons

$$(1)\quad L(V, M, r_1, \ldots, r_n) = \frac{1}{(2\pi)^n}\int_0^{2\pi}\cdots\int_0^{2\pi} V(z_1^0 + r_1 e^{i\theta_1}, \ldots, z_n^0 + r_n e^{i\theta_n})\, d\theta_1 \ldots d\theta_n$$

l'intégrale de Lebesgue, moyenne de la fonction V sur l'arête du polycercle $|z_k - z_k^0| \leq r_k$ de centre $M(z_k^0)$. L'arête du polycercle définie par $|z_k - z_k^0| = r_k$ sera notée par $C(M, r_1, \ldots, r_n)$, l'intérieur par $D(M, r_1, \ldots, r_n)$, les nombres r_k étant positifs.

De b résulte seulement la sommabilité de V par rapport à chacune des variables séparément. Un raisonnement par récurrence de $n-1$ à n permet d'établir l'ensemble des propriétés suivantes :

1° Une fonction plurisousharmonique V(M) est semi-continue supérieurement sur C^n (donc mesurable).

2° L'intégrale $L(V, M, r_1, \ldots, r_n)$ possède une valeur finie, fonction non décroissante des variables $\log r_k$.

La démonstration procède à partir de l'existence de l'intégrale (1), écrite d'abord comme intégrale itérée; elle s'appuie sur le lemme suivant : si $f(t, M)$ borné supérieurement est pour M fixé une fonction semi-continue supérieurement de t, et est, pour t fixé appartenant à l'intervalle fermé $a \leq t \leq b$, une fonction sousharmonique de M ou sinon identique à $-\infty$, l'intégrale de Lebesgue

$$F(M) = \int_a^b f(t, M)\, dt, \tag{2}$$

ou bien vaut identiquement $-\infty$, ou bien est une fonction presque partout sousharmonique (donc sommable).

Le même procédé établit l'existence de la moyenne $A(V, M, r_1, \ldots, r_n)$ sur $D(M, r_1, \ldots, r_n)$. L'ensemble $V(M) = -\infty$ est ainsi de mesure $2n$-dimensionnelle nulle dans E^{2n}. Cette propriété ne le caractérise aucunement : l'ensemble est, en effet, de mesure n-dimensionnelle nulle sur $C(M, r_1, \ldots, r_n)$ et, de plus, il a pour trace, sur un plan analytique qu'il ne contient pas, un ensemble de capacité nulle.

La propriété caractéristique des fonctions sousharmoniques s'étend aux fonctions plurisousharmoniques. On a

$$V(M) \leq L(V, M, r_1, \ldots, r_n)$$

et

$$V(M) = \lim L(V, M, r_1, \ldots, r_n),$$

quand le plus grand des nombres r_k tend vers zéro. Notons par γ un polycercle quelconque, c'est-à-dire défini par n inégalités $|z_k - z_k^0| \leq r_k$, $r_k > 0$, portant soit sur les variables z_k elles-mêmes, soit sur des variables z'_k qui se déduisent des z_k par une transformation linéaire pseudoconforme de déterminant non nul. Soit $L(V, M, \gamma)$ la moyenne (1) étendue à l'arête $C(M, \gamma)$ et soit $A(V, M, \gamma)$ la moyenne de V sur γ lui-même. On est conduit à une nouvelle définition des fonctions plurisousharmoniques :

Pour qu'une fonction V(M), *prenant en chaque point une valeur déterminée fixée ou égale à* $-\infty$ *soit plurisousharmonique, il faut et il suffit qu'elle soit*

semi-continue supérieurement et que l'on ait, γ *étant un polycercle quelconque de centre* M,

(3) $$V(M) \leqq L(V, M, \gamma).$$

Le résultat subsiste quand on remplace $L(V, M, \gamma)$ par $A(V, M, \gamma)$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude de l'écoulement autour de deux profils d'aile.* Note de M. **Pierre Schmitt**, présentée par M. Henri Villat.

L'écoulement autour de deux profils d'aile peut se traiter de la manière suivante :

1° Étude de l'écoulement autour de deux cercles;

2° Transformation de ces deux cercles en deux profils simultanément, c'est-à-dire dans le même plan.

La première partie a été traitée par Lagally (*Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 1929, p. 299) qui donne le potentiel et la vitesse en chaque point du plan des deux cercles.

La présente Note a pour but d'étudier un des moyens de parvenir à la seconde partie.

Principe. — Soient donc deux cercles A et A′ quelconques dans un même plan Z. Prenons comme centre O des coordonnées de ce plan un point intérieur au premier cercle A, de telle sorte que ce cercle se transforme en un profil à pointe B dans le plan Z, par une transformation conforme quelconque (dans le cas de la figure, nous avons pris, pour simplifier, une transformation de Joukovsky

$$z = Z + \frac{b^2}{Z}$$

avec $b = \overline{OM}$).

Le second cercle A′ va se transformer aussi en passant dans le plan z. Il deviendra un contour fermé B′, mais naturellement sans pointe puisque A′ est extérieur au cercle A. Prenons alors une nouvelle origine O′ des coordonnées à l'intérieur du contour B′. Si, pour passer dans un plan ζ, nous effectuons une nouvelle transformation conforme du genre de celle de Joukovsky, par exemple

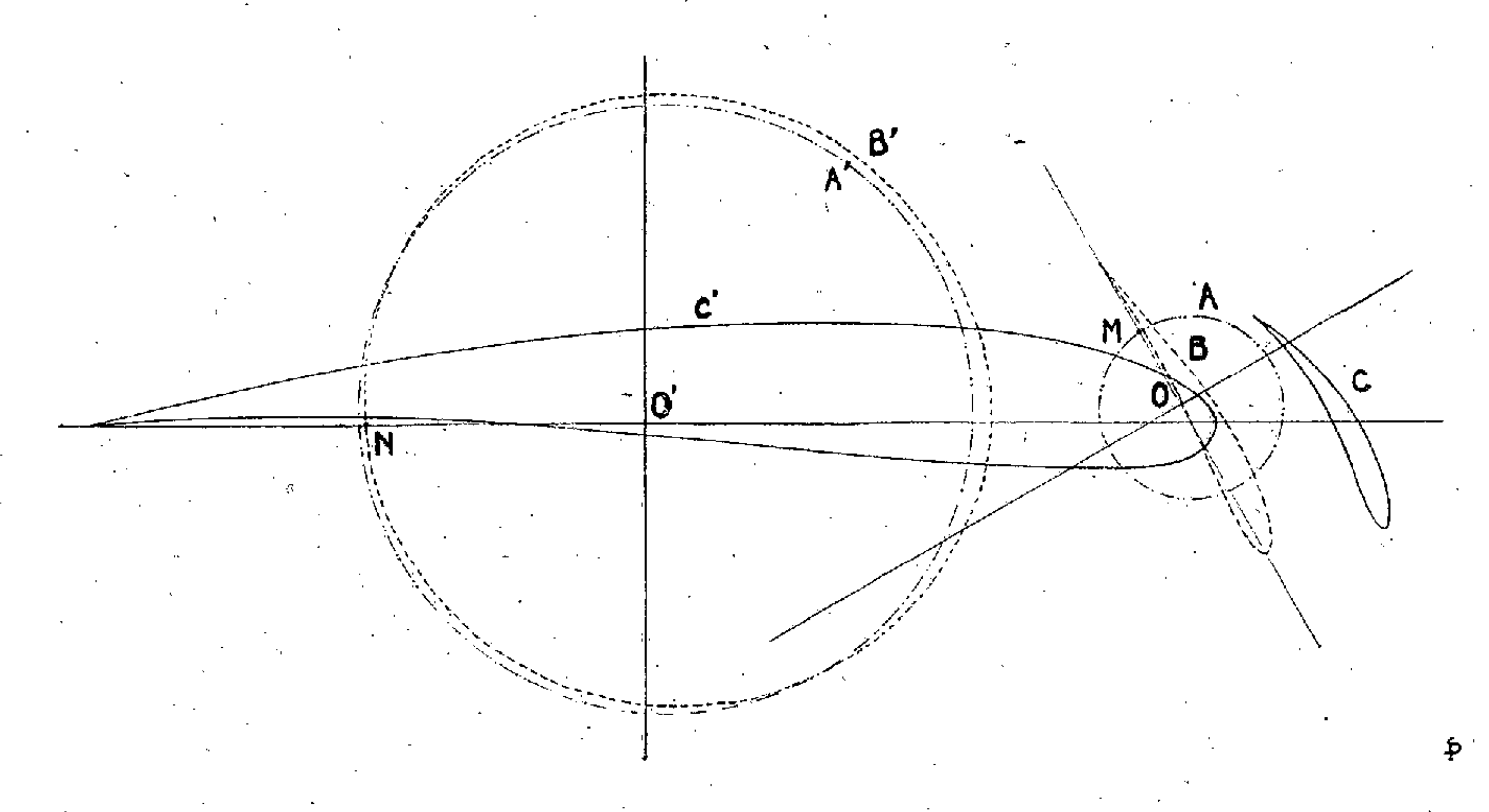
$$\zeta = z' + \frac{c^2}{z'},$$

c étant la distance de l'origine O′ à un point quelconque N du contour B′, ce contour B′ va devenir un contour C′ à pointe, tandis que le profil B se transformera en un nouveau profil C de même nature, puisque B est extérieur à B′.

Résultats. — A défaut de règles encore précises, l'expérience a montré que

les tracés n'offraient aucune difficulté sérieuse : le profil B est construit par la méthode de Trefftz pour les profils Joukovsky, le contour B', et, dans la deuxième transformation, les contours à pointe C et C' sont construits point par point en additionnant géométriquement sur l'épure les deux vecteurs Z et b^2/Z ou z et c^2/z facilement calculables.

On pourrait s'attendre à des déformations exagérées de chaque contour. En réalité, dans les cas de recherches de biplans ou d'ailes à fente avant (cas de la figure), le cercle A' se déplace un peu, mais, en général, se déforme à peine.



Cela provient du fait que, pour les biplans, le cercle A' est suffisamment loin du centre O de transformation par rapport à la distance OM et que, dans le cas des ailes à fente avant, cette longueur OM est petite.

Le contour B' est donc peu différent d'un cercle et l'on peut prévoir qu'il deviendra, par la deuxième transformation, un profil d'aile C' assez semblable à un profil Joukovsky. L'expérience montre que l'on peut même calculer, d'après les règles classiques de construction des profils dérivés d'un cercle, la longueur, l'épaisseur et la courbure de C'. D'autre part, on voit sur la figure que l'on peut calculer (du moins approximativement, et bien plus rigoureusement dans le cas des biplans) le déplacement et la déformation du profil B dans la deuxième transformation. L'interinclinaison des deux profils avec les axes usuels de référence provient de l'angle des axes des deux systèmes de coordonnées lorsque l'on superpose les trois plans Z, z et ζ. Elle est assez peu différente de cet angle et, en tout cas, on peut l'évaluer facilement sur une épure.

Au total, et surtout dans le cas des biplans, on est maître de la longueur, de l'épaisseur et de la courbure des deux profils, et moins rigoureusement de l'entreplan, du décalage et de l'interinclinaison.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la convection vive d'un fluide s'écoulant en régime turbulent permanent le long d'une plaque.* Note de MM. **Yves Rocard** et **Marcel Véron**, présentée par M. Henri Villat.

Dans un écoulement à deux dimensions dirigé suivant Ox au-dessus d'une plaque normale à Oy, la turbulence entretient d'incessants transferts de particules d'une couche d'ordonnée y_2 dans une autre d'ordonnée $y_1 < y_2$.

Pour un fluide engendrant lui-même de la chaleur, due par exemple à une combustion, les transferts de masse d'une couche à l'autre ont, au point de vue calorifique, deux effets : 1° un transfert direct de la chaleur sensible qui préexiste dans le fluide en vertu de sa température : c'est la convection classique; 2° un transfert de matière qui, moins usée par la réaction, dégagera ou absorbera dans la nouvelle couche plus de chaleur sensible que si elle y avait été prise : c'est l'apport propre de la convection vive.

La notion de parcours de mélange l introduite par Prandtl permet d'exprimer facilement ces deux effets et de les relier au frottement.

Appelons T la température, u la vitesse projetée suivant Ox, v' la composante de vitesse turbulente projetée suivant Oy, β la proportion des molécules initiales qui n'ont pas encore réagi, $\pm Q_f$ la chaleur potentielle de réaction complète des molécules initialement contenues dans l'unité de volume.

Par unité de surface et dans l'unité de temps, on admet que la turbulence transfère de y_2 à $y_1 = y_2 - l$ une quantité de chaleur sensible

$$Q_1 = c\rho v'(T_2 - T_1) = (\rho v' l) c \frac{\partial T}{\partial y}.$$

Elle transfère aussi une quantité de chaleur potentielle

$$Q_2 = \pm v' Q_f (\beta_2 - \beta_1) = \pm (\rho v' l) \frac{Q_f}{\rho} \frac{\partial \beta}{\partial y},$$

qui, dans le même temps, se transforme intégralement en chaleur sensible au niveau y_1, sans quoi β_1 varierait et le régime ne serait pas permanent.

Par unité de surface et dans l'unité de temps, on admet que la turbulence transfère de y_2 à y_1 une quantité de mouvement suivant Ox : $\rho v'(u_2 - u_1)$, qui, en régime permanent, équilibre l'effort tangentiel par unité de surface

$$\tau = \rho v'(u_2 - u_1) = (\rho v' l) \frac{\partial u}{\partial y}.$$

Le rapprochement des trois équations précédentes fournit la combinaison

$$(\rho v' l) = \frac{Q_1}{c \frac{\partial \tau}{\partial y}} = \frac{Q_2}{\pm \frac{Q_f}{\rho} \frac{\partial \beta}{\partial y}} = \frac{Q_1 + Q_2}{c \frac{\partial \tau}{\partial y} \pm \frac{Q_f}{\rho} \frac{\partial \beta}{\partial y}} = \frac{\tau}{\frac{\partial u}{\partial y}}.$$

D'où une relation entre la chaleur sensible transférée et le frottement

$$\frac{Q}{c\tau} = \frac{\dfrac{\partial\tau}{\partial y} \pm \dfrac{Q_f}{c\rho}\dfrac{\partial\beta}{\partial y}}{\dfrac{\partial u}{\partial y}}.$$

En fait, les transferts envisagés de y_2 vers y_1 s'accompagnent de transferts de mêmes natures, dirigés de y_1 vers y_2; nous n'écrivons pas ceux-ci, qui auraient fait apparaître des différentielles du deuxième ordre, parce que nous admettons, *comme on le fait implicitement toujours*, qu'ils sont proportionnels aux premiers; l'erreur qui en résulte revient à changer la définition de l, ce qui est sans importance, puisque ce facteur s'élimine *dans la mesure où le profil des températures s'identifie au profil des vitesses*. Bien entendu, c'est la chaleur potentielle échangée *par ses transferts opposés* qui devient sensible.

Si l'on adopte le point de vue de Reynolds et Stanton, qui négligent la couche-limite laminaire interposée entre la paroi et la veine turbulente, et évaluent grossièrement, à travers toute l'épaisseur, les facteurs dérivés par rapport à y, on obtient, entre la chaleur totale Q_p transmise à la paroi et l'effort de frottement f_x sur la paroi, la relation

$$\frac{Q_p}{cf_x} = \frac{(T_\infty - \theta_0) \pm \dfrac{Q_f}{c\rho}(\beta_\infty - \beta_0)}{u_\infty - u_0}, \qquad \text{avec} \quad u_0 = 0, \text{ donc } \beta_0 = 0.$$

En se référant à sa définition, le coefficient de convection prend la forme

$$\alpha_x = \frac{Q_p}{T_\infty - \theta_0} = \frac{cf_x}{u_\infty}\left[1 \pm \frac{\overline{\beta_\infty}}{T_\infty - \theta_0}\,\frac{Q_f}{c\rho}\right] = [\alpha_x]_1 + [\alpha_x]_2.$$

Si l'on introduit la couche-limite laminaire en y donnant à T et à u les profils envisagés par Prandtl ou par M. Ribaud, il vient :

soit $$\alpha_x = \frac{Q_p}{T_\infty - \theta_0} = \frac{cf_x}{u_\infty}\,\frac{1 \pm \overline{\dfrac{\beta_\infty - \beta_1}{T_\infty - \theta_0}}\,\dfrac{Q_f}{c\rho}}{1 + \dfrac{u_1}{u_\infty}(\mathcal{S}^{-1} - 1)} = [\alpha_x]_1 + [\alpha_x]_2, \qquad \text{avec} \quad \frac{u_1}{u_\infty} \sim 0,5,$$

soit $$\alpha_x = \frac{Q_p}{T_\infty - \theta_0} = \frac{cf_x}{u_\infty}\,\frac{1 \pm \overline{\dfrac{\beta_\infty - \beta_1}{T_\infty - \theta_0}}\,\dfrac{Q_f}{c\rho}}{1 + 0,75\left(\mathcal{S}^{-\frac{2}{3}} - 1\right)} = [\alpha_x]_1 + [\alpha_x]_2.$$

Visant la réaction dans la couche laminaire, on remplacera $\mathcal{S}$ par

$$\mathcal{S}' = \left[1 \pm 2,30\,\frac{\overline{m}Q_f}{c\rho_0\left(\overline{T_1 - \theta_0}\right)}\right]\mathcal{S}. \qquad \text{(voir } \textit{Comptes rendus}, \textbf{214}, 1942, \text{p. 303).}$$

Dans toutes les hypothèses, le coefficient de convection est formé d'une somme de deux termes : Le premier, $[\alpha_x]_1$, qui reste seul quand $Q_f = 0$, était

déjà acquis. Nous le nommerons *terme de convection morte*, par opposition au second, $[\alpha_x]_2$, qui sera le *terme de convection vive*.

Homogènes à celles obtenues pour le régime laminaire, ces expressions de α_x inspirent encore des commentaires d'intérêt pratique. Ainsi, le terme vif $[\alpha_x]_2$ passe par un maximum après un certain parcours, alors que le terme mort $[\alpha_x]_1$ décroît toujours, en convection turbulente comme en laminaire; par contre, le frottement f_x n'étant lié à la rugosité qu'en régime turbulent, le pouvoir chauffant d'une veine ne devient sensible à la rugosité qu'au-dessus d'un certain débit, pour les flammes comme pour les gaz inertes; etc.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur les régimes de résolution des jets liquides sous l'influence d'un soufflage axial.* Note de M. **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Joseph Pérès.

Afin de schématiser les phénomènes de la carburation, j'ai étudié la façon dont se brise une veine liquide placée dans un courant d'air à grande vitesse [1]. Une tuyère fournit le courant d'air, cylindrique et animé d'une vitesse constante sur un parcours suffisant pour provoquer la résolution; le liquide sous pression jaillit hors d'un ajutage, suivant l'axe de la tuyère.

J'ai constaté que la résolution était essentiellement conditionnée par la turbulence de l'air, et j'ai mis en évidence les régimes suivants.

1. *Seuil de pulvérisation.* — Aux basses vitesses V de l'air, on retrouve sans grandes modifications les régimes de résolution connus des jets non soufflés; les gouttes ont un diamètre de l'ordre de celui du jet. *A partir d'une vitesse* V_0 *bien déterminée*, elles continuent à se subdiviser en gouttes notablement plus fines; le seuil V_0 varie avec la vitesse C du liquide suivant une loi qu'on peut prévoir en admettant que les gouttes subissent un effet de sillage de la part du courant d'air, et une action due à la turbulence de ce dernier.

Le sillage [2] d'une goutte émise à la vitesse C dans un vent de vitesse V provoque une succion moyenne tendant à faire éclater la goutte; cette succion est de la forme $\Delta_1 p = C_p(V-C)^2\rho/2$. La turbulence, considérée comme constituée par des masses tourbillonnaires entraînées par le courant général, engendre des rotations tendant aussi, par effet centrifuge, à faire éclater la goutte; une rotation ω provoque en moyenne à la surface d'une goutte de rayon R une surpression égale à $\Delta_2 p = \rho'\omega^2 R^2/3$. En admettant que la tuyère

---

[1] La détente de l'air comprimé de la canalisation donnait au plus 250 m:s pour un diamètre de 2^{cm}, sans amortissement notable sur 4 à 5^{cm}; le jet liquide avait au plus 20 m:s, et ne pouvait donc atteindre spontanément le régime d'atomisation utilisé dans le Diesel.

[2] L'établissement et la stabilité du sillage derrière une goutte en mouvement non uniforme semblent être assurés par l'importance de V par rapport à C, et la préturbulence de la couche limite de long de la partie libre du jet.

présente aux différentes vitesses une turbulence isotrope et des écoulements semblables, on trouve une rotation quadratique moyenne proportionnelle à la vitesse

$$\omega = \mathrm{KV}, \qquad \text{avec} \quad \mathrm{K} = 6\pi \frac{u}{\mathrm{V}} \sqrt{\int_0^\infty \frac{n^2}{\mathrm{V}^2} \mathrm{VF}(n) \frac{dn}{\mathrm{V}}},$$

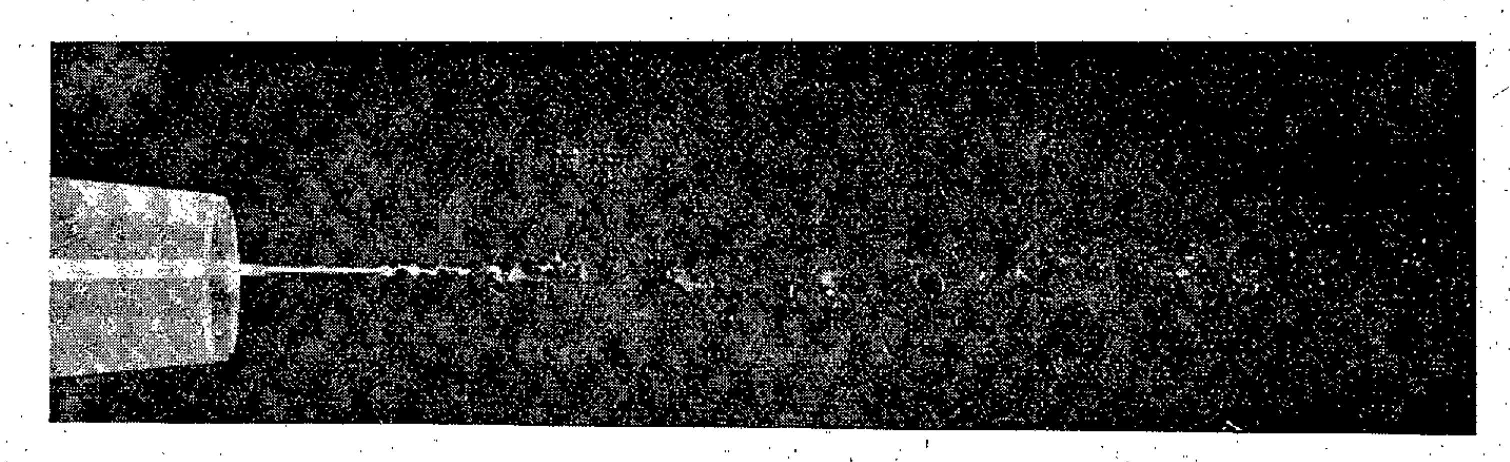
u/V étant l'agitation quadratique moyenne, $\mathrm{F}(n)$ le spectre de fréquences.

Écrivons que l'éclatement des gouttes a lieu lorsque la somme $\Delta_1 p + \Delta_2 p$ dépasse la tension superficielle d'une fraction α (les modifications locales de pression ne pouvant plus être compensées par des variations locales de courbure), il vient

$$\mathrm{C} = \mathrm{V} - \sqrt{\lambda - \lambda' \mathrm{V}^2}. \qquad \left(\text{où } \lambda = \frac{4\mathrm{A}\alpha}{\rho \mathrm{RC}_p} \text{ et } \lambda' = \frac{2\rho'}{3\rho} \frac{\mathrm{K}^2\mathrm{R}^2}{\mathrm{C}_p}\right).$$

On retrouve ainsi le fait expérimental que le seuil nécessite, même pour les faibles valeurs $\mathrm{C} \sim 0$, un soufflage $\mathrm{V}_0 = \sqrt{\lambda/1+\lambda'}$ nettement > 0 (de l'ordre de 35 m:s pour un jet de $0^{\mathrm{mm}},5$ de diamètre). La courbe expérimentale est bien représentée dans le domaine étudié par une formule du type précédent; la détermination de λ et λ' pour l'ajutage décrit ci-dessous conduit à une valeur de α de l'ordre de 0,5 si l'on adopte pour C_p une valeur (0,2) correspondant à l'écoulement supra-critique autour d'une sphère.

2. *Régime de pulvérisation.* — Quand V croît à partir de V_0, l'influence de la turbulence de l'air se fait sentir sur la veine même : la partie continue du



$\mathrm{R} = 0^{\mathrm{cm}},022$, $\quad \mathrm{V} = 65$ m:s, $\quad \mathrm{C} = 7$ m:s (eau).

jet présente à l'extrémité des renflements liquides dus vraisemblablement à l'amplification par effet de sillage des oscillations naturelles du jet; les étranglements séparant deux renflements consécutifs disparaissent : l'instantané révèle dans le courant des amas régulièrement répartis qui éclatent vite en gouttes fines. Soient dans la partie continue du jet deux renflements à la distance l : le sillage du premier, en dépression, aspire la partie de la veine qui le joint au front du deuxième, en surpression; la différence de pression étant de la forme $\Delta p = \mathrm{C}_p(\mathrm{V} - \mathrm{C})^2 \rho/2$, écrivons que la résolution a lieu au temps T, lorsque la section S de la partie amincie est suffisamment faible pour

être brisée par la turbulence de l'écoulement; on a

$$Q = \int_0^T \frac{\Delta p}{\rho' l} S(t)\, t\, dt,$$

Q étant le débit aspiré par le renflement amont. En supposant $\Delta p = \text{const.}$ pendant la résolution, et Q peu variable avec V, on obtient pour la longueur de résolution moyenne ([3])

$$L = CT = K\frac{C}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{\lambda C}{V - C}.$$

Cette formule à une seule constante λ représente parfaitement le réseau de courbes expérimentales dans l'intervalle de V où le jet se pulvérise.

3. *Régime d'atomisation.* — Pour les vitesses supérieures à 150 m:s, la turbulence du courant d'air est tellement élevée, et le frottement sur la veine liquide tellement fort, que celle-ci éclate en gouttes microscopiques, correspondant au régime d'atomisation.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Extension de l'emploi de la carte nomographique* ([1]) *à la transposition des matériaux et à la transcription des tracés d'organes.* Note ([2]) de M. **Raymond de Fleury**.

Cette Note fait suite aux travaux confiés par le Ministère de l'Air.

Le problème général. — A partir d'un organe éprouvé sous des conditions fonctionnelles définies, la solution est donnée par les quatre rapports indimensionnels λ, σ, θ, ε, des portées d'ensemble, des hauteurs, largeurs, épaisseurs des sections de l'organe transposé et d'un organe primitif, en fonction du rapport ϖ_T des charges totales et des rapports η, μ, δ, des limites élastiques, modules d'élasticité, densités des matériaux correspondants. Le rapport ϖ_M des poids morts des deux organes en résulte $\varpi_M = \lambda[(\sigma + \theta)/2]\varepsilon\delta$.

Les rapports des sécurités nominales et des stabilités fonctionnelles. — Dans le cas le plus fréquent d'organes assujettis à conserver même longueur et des contours semblables de section sous une charge donnée ($\sigma = \theta$; $\lambda = 1$; $\varpi_T = 1$), les rapports des contraintes en traction-compression (O), des moments résistants en flexion : globaux (I), sectionnels (III) et locaux (V), lesquels mesurent les rapports des *taux de sécurité nominaux*, puis les rapports des rigidités mesurées par l'inverse des déformations globales (II), sectionnelles (IV) et locales (VI), lesquelles mesurent les rapports des *taux de stabilités fonctionnels*,

([3]) En raison du caractère essentiellement fluctuant des phénomènes dus à la turbulence, il ne peut être question que d'une longueur moyenne; l'expérimentation demande une détermination statistique de L.

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 712.

([2]) Séance du 8 août 1942.

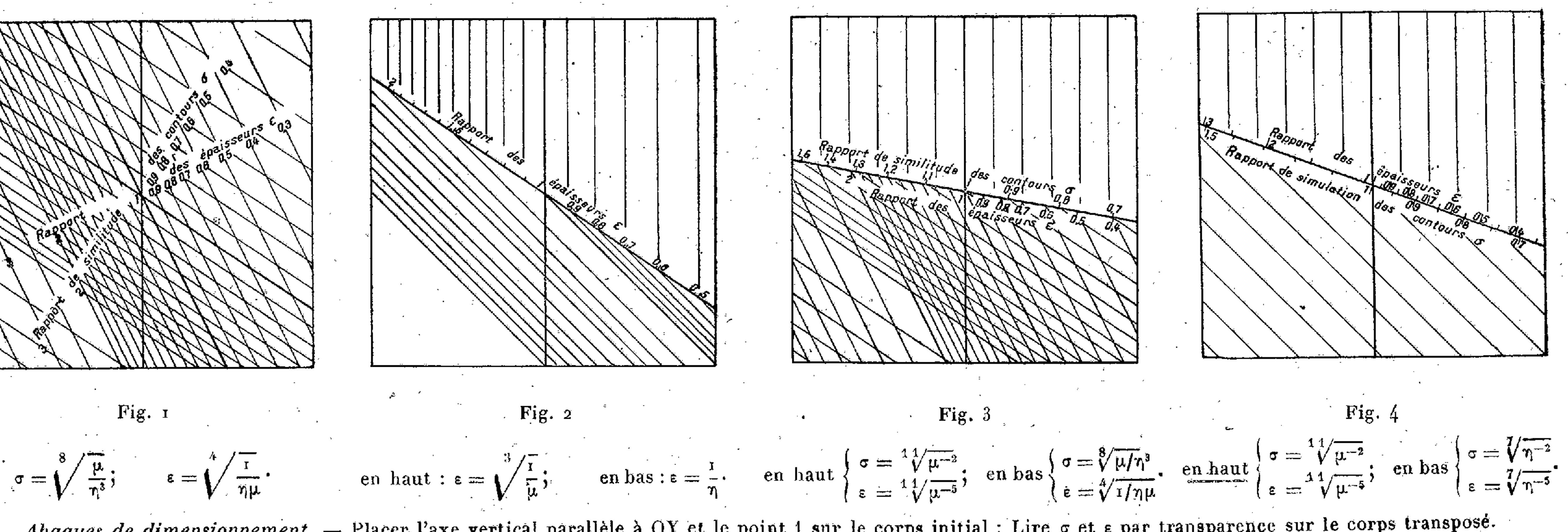


Fig. 1

$\sigma = \sqrt[8]{\frac{\mu}{\eta^3}}$; $\varepsilon = \sqrt[4]{\frac{1}{\eta\mu}}$.

Fig. 2

en haut : $\varepsilon = \sqrt[3]{\frac{1}{\mu}}$; en bas : $\varepsilon = \frac{1}{\eta}$.

Fig. 3

en haut $\begin{cases} \sigma = \sqrt[11]{\mu^{-2}} \\ \varepsilon = \sqrt[11]{\mu^{-5}} \end{cases}$; en bas $\begin{cases} \sigma = \sqrt[8]{\mu/\eta^3} \\ \varepsilon = \sqrt[4]{1/\eta\mu} \end{cases}$.

Fig. 4

en haut $\begin{cases} \sigma = \sqrt[11]{\mu^{-2}} \\ \varepsilon = \sqrt[11]{\mu^{-5}} \end{cases}$; en bas $\begin{cases} \sigma = \sqrt[7]{\eta^{-2}} \\ \varepsilon = \sqrt[7]{\eta^{-5}} \end{cases}$.

Abaques de dimensionnement. — Placer l'axe vertical parallèle à OY et le point 1 sur le corps initial : Lire σ et ε par transparence sur le corps transposé.

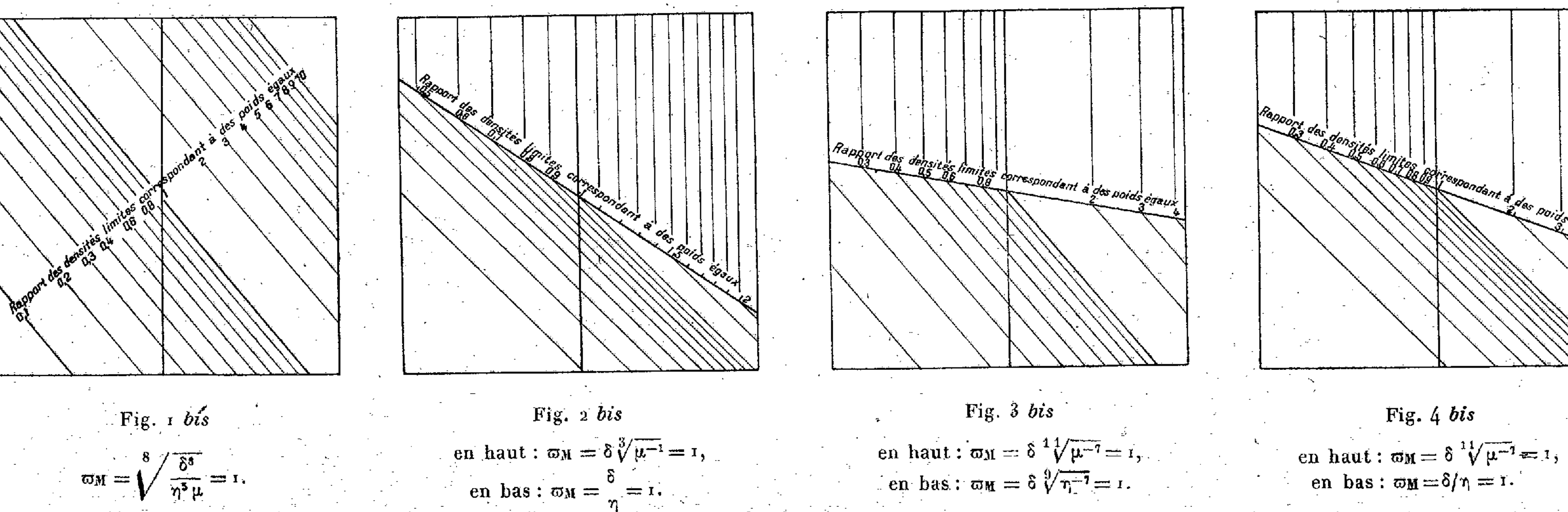


Fig. 1 *bis*

$\varpi_M = \sqrt[8]{\frac{\delta^8}{\eta^3\mu}} = 1.$

Fig. 2 *bis*

en haut : $\varpi_M = \delta\sqrt[3]{\mu^{-1}} = 1$,

en bas : $\varpi_M = \frac{\delta}{\eta} = 1.$

Fig. 3 *bis*

en haut : $\varpi_M = \delta\sqrt[11]{\mu^{-7}} = 1$,

en bas : $\varpi_M = \delta\sqrt[9]{\eta^{-7}} = 1.$

Fig. 4 *bis*

en haut : $\varpi_M = \delta\sqrt[11]{\mu^{-7}} = 1$,

en bas : $\varpi_M = \delta/\eta = 1.$

Abaques de poids. — **Pour avoir le poids de l'organe transposé, multiplier le poids de l'organe primitif par le quotient du rapport des densités réelles (du corps transposé et du corps primitif) et du rapport limite lu par transparence sur le corps transposé.**

Transparents mobiles à superposer à la carte nomographique des matériaux.

s'expriment ([3]) :

$$(\text{O}) = \sigma\varepsilon\eta, \qquad (\text{I}) = \varepsilon\sigma^2\eta, \qquad (\text{II}) = \sigma^3\varepsilon\mu, \qquad (\text{III}) = \frac{\varepsilon^3}{\sigma}\eta,$$

$$(\text{IV}) = \frac{\varepsilon^3}{\sigma^2}\mu, \qquad (\text{V}) = \varepsilon^2\eta, \qquad (\text{VI}) = \varepsilon^3\mu.$$

Premier exemple. — *Flexion, poutres en caissons très minces à grand développement périphérique.* — La rigidité nominale selon (II) est très pléthorique : on peut en négliger le contrôle en dépit des mesures expérimentales des flèches, qui sont sous la dépendance dominante des déformations parasites selon (IV). Le problème est résolu par (IV) = 1 et (I) = 1 (*fig.* 1, 1 *bis*).

Cas particulier d'encombrement imposé, $\sigma = 1$. — La résolution est donnée soit par $\sigma = 1$, (I) = 1, avec contrôle (IV) $\geqq 1$, soit par $\sigma = 1$, (IV) = 1, avec contrôle (I) $\geqq 1$, d'où les deux zones du graphique (*fig.* 2, 2 *bis*).

Deuxième exemple. — *Flexion, poutres en caissons minces à développement périmétrique moyen.* — La rigidité mesurée de l'organe primitif est voisine de celle nominale (II). La résolution se fera soit comme la précédente par (I) = 1 et (IV) = 1, mais avec le contrôle (II) $\geqq 1$; soit, si cette condition n'est pas remplie, par (II) = 1 et (IV) = 1, mais avec le contrôle (I) $\geqq 1$, et graphiquement, par lecture de σ et ε sur le transparent à deux zones (*fig.* 3, 3 *bis*).

Troisième exemple. — *Compression, longues membrures tubulaires minces.* — La dispersion transversale de la matière impose les deux conditions de stabilité (II) = 1, (IV) = 1, avec contrôle de (O) $\geqq 1$. Si cette condition n'est pas remplie, la résolution s'obtient par (O) = 1, (II) = (IV), avec contrôle complémentaire (II) $\geqq 1$. D'où les deux zones du graphique (*fig.* 4, 4 *bis*).

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les mouvements périodiques d'un corps attiré par deux centres fixes.* Note de M. **Pierre Sémirot**, présentée par M. Jean Chazy.

Le point matériel C est attiré par deux centres fixes P′ et P suivant la loi de Newton. La position du plan P′PC est déterminée par l'angle d'azimut φ, compté à partir d'un plan arbitrairement choisi, et la position du mobile dans le plan P′PC est fixée par ses coordonnées elliptiques λ et μ définies par les relations $2\lambda = r + \rho$, $2\mu = r - \rho$, avec $r = \text{PC}$, $\rho = \text{P'C}$. Soient $2c$ la distance P′P et K^2 et K'^2 les coefficients attractifs des centres P et P′; nous prendrons $c = 1$ et nous supposerons $K^2 \geqq K'^2$. En désignant par T la demi-force vive, par H la fonction hamiltonienne, on a successivement

$$\frac{d\lambda}{dt} = \lambda', \qquad \frac{d\mu}{dt} = \mu', \qquad \frac{d\varphi}{dt} = \varphi', \qquad p = \frac{\partial T}{\partial \lambda'}, \qquad q = \frac{\partial T}{\partial \mu'}, \qquad s = \frac{\partial T}{\partial \varphi'},$$

$$H = \frac{1}{2}\left[\frac{\lambda^2 - 1}{\lambda^2 - \mu^2}p^2 + \frac{1 - \mu^2}{\lambda^2 - \mu^2}q^2 + \frac{1}{(\lambda^2 - 1)(1 - \mu^2)}s^2\right] - \frac{K^2}{\lambda + \mu} - \frac{K'^2}{\lambda - \mu}.$$

---

(3) R. de Fleury, *Comptes rendus*, 177, 1923, pp. 392; 195, 1932, p. 361; *Bull. Soc. Ing. Civils de France*, mars-avril 1938, pp. 323-325; *Bull. Tech. de laSui sse Romande*, 19, 1939, pp. 245-251. *L'Usine*, n° 42, 19 octobre 1939, pp. 31-33.

Les équations différentielles du mouvement prennent la forme canonique

$$(1)\quad \frac{d\lambda}{dt}=\frac{\partial H}{\partial p},\quad \frac{d\mu}{dt}=\frac{\partial H}{\partial q},\quad \frac{d\varphi}{dt}=\frac{\partial H}{\partial s},\quad \frac{dp}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial \lambda},\quad \frac{dq}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial \mu},\quad \frac{ds}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial \varphi}.$$

La solution de ces équations est bien connue et l'on a, en posant

$$R(\lambda)=(\lambda^2-1)[2h\lambda^2+2(K^2+K'^2)\lambda+\alpha]-g^2,$$
$$S(\mu)=(\mu^2-1)[2h\mu^2+2(K^2-K'^2)\mu+\alpha]-g^2,$$
$$I_{11}=\int\frac{d\lambda}{\sqrt{R(\lambda)}},\qquad I_{12}=\int\frac{\lambda^2\,d\lambda}{\sqrt{R(\lambda)}},\qquad I_{13}=\int\frac{g\,d\lambda}{(\lambda^2-1)\sqrt{R(\lambda)}},$$
$$I_{21}=\int\frac{d\mu}{\sqrt{S(\mu)}},\qquad I_{22}=\int\frac{\mu^2\,d\mu}{\sqrt{S(\mu)}},\qquad I_{23}=\int\frac{g\,d\mu}{(1-\mu^2)\sqrt{S(\mu)}},$$
$$(2)\quad \begin{cases}(\pm I_{11})-(\pm I_{21})=A, \quad (\pm I_{12})-(\pm I_{22})=t+\tau, \quad \varphi=(\pm I_{13})+(\pm I_{23}),\\ p=\pm\dfrac{\sqrt{R(\lambda)}}{\lambda^2-1}, \quad q=\pm\dfrac{\sqrt{S(\mu)}}{1-\mu^2}, \quad s=g,\end{cases}$$

où α, g, h, A, G, τ désignent des constantes arbitraires.

Pour que le mouvement soit périodique, il est nécessaire que les variables λ et μ aient un mouvement d'oscillation. Chaque polynome $R(\lambda)$ et $S(\mu)$ devra donc admettre au moins deux racines simples. Les racines simples r_1 et r_2 du polynome $R(\lambda)$ et les racines simples ρ_1 et ρ_2 du polynome $S(\mu)$ satisfont aux inégalités suivantes : $1<r_1<r_2$, $-1<\rho_1<\rho_2<1$; et, puisque les polynomes $R(\lambda)$ et $S(\mu)$ figurent sous des radicaux, ces polynomes devront prendre des valeurs positives pour toutes les valeurs de λ et de μ comprises respectivement entre r_1, r_2 et ρ_1, ρ_2. Nous appliquons le théorème de Descartes à l'étude des racines des polynomes $R(\lambda)$ et $S(\mu)$, et nous en déduisons qu'il n'existe pas d'orbites périodiques lorsque la constante des forces vives h est positive ou nulle. Lorsque la constante des forces vives est négative, il est toujours possible de choisir les valeurs des constantes α, g, h, de telle sorte que les variables λ et μ aient un mouvement d'oscillation. Dans le mouvement relatif plan, la trajectoire sera donc contenue dans l'aire comprise entre deux ellipses et deux hyperboles. La dérivée par rapport au temps de la variable φ étant constamment positive, la trajectoire du point matériel C dans l'espace sera contenue dans le volume compris entre deux ellipsoïdes et deux hyperboloïdes ayant pour axe de révolution la droite joignant les deux points fixes. Il n'existe donc pas d'orbites périodiques à chocs dans l'espace.

Recherchons les conditions de périodicité du mouvement. Soient λ_0, μ_0, I^0 les valeurs des variables λ, μ et des intégrales I à l'instant t_0. Les racines r_1, r_2 et ρ_1 et ρ_2 des polynomes $R(\lambda)$ et $S(\mu)$ sont des points critiques réels de $\sqrt{R(\lambda)}$ et de $\sqrt{S(\mu)}$; par conséquent, si les variables λ et μ partant des valeurs λ_0 et μ_0 décrivent respectivement des lacets entourant les points critiques r_1, r_2 d'une part, et ρ_1, ρ_2 d'autre part, les valeurs I^0 des intégrales s'accroîtront de

quantités 2ω telles que

$$\omega_{1i} = [I_{1i}]_{r_1}^{r_2}, \qquad \omega_{2i} = [I_{2i}]_{\rho_1}^{\rho_2} \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Si au temps $t_0 + 2T$ les variables λ et μ reprennent les mêmes valeurs λ_0 et μ_0 après avoir décrit respectivement m_1 et m_2 fois les contours fermés contenant les points critiques r_1, r_2 et les deux points critiques ρ_1, ρ_2, les intégrales I_{1i} et I_{2i} prendront, pour cette valeur du temps, les valeurs $I'_{1i} = I^0_{1i} + 2m_1\omega_{1i}$ et $I'_{2i} = I^0_{2i} + 2m_2\omega_{2i}$. Pour que le mouvement dans l'espace soit périodique, il faut que, pour t augmentant de $2T$, l'angle φ s'accroisse d'un multiple de 2π, soit $2m_3\pi$; m_1, m_2, m_3 sont des nombres entiers arbitraires. En écrivant que les équations (2), valables pour toutes les valeurs du temps, sont satisfaites pour les valeurs t_0 et $t_0 + 2T$, nous déduisons les deux conditions de périodicité du mouvement

$$m_1\omega_{11} - m_2\omega_{21} = 0, \qquad m_1\omega_{13} + m_2\omega_{23} = m_3\pi,$$

la période $2T$ étant définie par la relation $2T = 2m_1\omega_{12} + 2m_2\omega_{22}$.

Appliquons les résultats classiques de Poincaré à l'étude de la stabilité des solutions périodiques du système d'équations canoniques (1). Soit une solution $\lambda = \lambda(t)$, ... du système (1) telle que le mouvement du point matériel C soit périodique. Considérons cette solution comme solution génératrice et formons les équations aux variations des équations (1) en posant $\lambda = \lambda(t) + \xi_\lambda$, ... Les variables ξ satisfont à six équations différentielles. φ n'est pas une fonction périodique du temps, mais, puisque la fonction hamiltonienne H est indépendante de φ, tous les coefficients des ξ sont des fonctions périodiques du temps de période $2T$. Par conséquent le système d'équations aux variations admettra des solutions particulières qui, dans le cas général, sont de la forme $e^{\alpha t}S$; α étant l'exposant caractéristique et S une fonction périodique du temps de période $2T$. Le système différentiel (1) admet trois intégrales uniformes

$$H = h, \qquad s = g, \qquad p^2(\lambda^2 - 1) + \frac{s^2}{\lambda^2 - 1} - 2(K^2 + K'^2)\lambda - 2\lambda^2 H = \alpha,$$

que nous écrirons, d'après la notation de Poincaré, $F = h$, $F_1 = g$, $F_2 = \alpha$. Les deux crochets de Poisson $[F, F_1]$ et $[F, F_2]$ sont évidemment nuls, et, puisque F_2 est indépendant de φ et que F_1 ne dépend que de la variable s, le troisième crochet $[F_1, F_2]$ est également nul. D'autre part tous les déterminants fonctionnels des intégrales F, F_1, F_2 par rapport à trois variables quelconques choisies parmi les six variables λ, μ, φ, p, q, s ne sont pas nuls à la fois en tous les points de la solution périodique. Les six exposants caractéristiques sont donc nuls et le mouvement est instable.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le photon dans la théorie quantique du rayonnement.* Note de M. **Jacques Yvon**.

La notion de photon, qui a rendu de grands services dans l'ancienne théorie quantique, ne paraît pas avoir trouvé place dans la théorie quantique du

rayonnement, telle que l'exposent Fermi ou Heitler. En effet cette dernière théorie, par une analyse en série de Fourier, représente le champ électromagnétique à l'aide de composantes harmoniques stationnaires qui n'ont naturellement aucun sens de propagation. La quantification ultérieure des vibrateurs harmoniques liés à ces composantes ne modifie en rien ce caractère. Il est donc impossible d'associer le photon, projectile lumineux, à ces ondes stationnaires quantifiées. Un abus de langage est commis par les auteurs qui écrivent, par exemple, qu'un photon est absorbé quand le nombre quantique qui caractérise l'état d'un de ces vibrateurs diminue d'une unité. D'autres physiciens emploient un langage plus correct en remplaçant dans ces circonstances le mot photon par le mot quantum.

Je désire montrer ici que la notion de photon peut s'incorporer dans la théorie quantique du rayonnement sans qu'il soit nécessaire d'ajouter à celle-ci aucune hypothèse particulière. Naturellement, aucun des résultats acquis par cette théorie dans les différents domaines de l'optique ne s'en trouve modifié, mais le langage peut devenir ainsi plus logique et plus direct. Passer du quantum au photon dans la théorie quantique du rayonnement équivaut évidemment à passer des ondes stationnaires aux ondes progressives dans la théorie électromagnétique ordinaire.

Pour mettre le photon en évidence dans la théorie quantique du rayonnement, il nous suffira de reprendre le problème de l'absorption du rayonnement par un atome en suivant la technique qui a été utilisée autrefois par Fermi [1] et de choisir au moment voulu des notations dont le témoignage sera formel.

Dans son article, Fermi ne se contente pas d'envisager l'action d'un quantum de lumière sur un atome absorbant, il matérialise la source de lumière et met en présence un atome excité et un atome absorbant. Cet état initial donne naissance à un état intermédiaire dans lequel l'atome excité a perdu de l'énergie, cependant qu'un quantum de lumière est apparu. Il existe une infinité d'états intermédiaires possibles, variant suivant les caractéristiques vectorielles du quantum émis. Enfin, dans l'état final, ce quantum est absorbé par le second atome.

Considérons, pour abréger, le cas où les atomes ont seulement chacun un seul électron optique. Le spin et la relativité sont négligés. L'atome, source de lumière, est petit devant la longueur d'onde. Il rayonne très peu, mais par suite émet une lumière presque monochromatique de pulsation ω. Nous appellerons $\vec{P}$ le moment électrique (complexe et élément de matrice) qui correspond à l'émission par cet atome de la pulsation ω. Par absorption l'atome récepteur passe de l'état n [fonction d'onde $\Phi_n(\vec{r})$] à l'état p [fonction d'onde $\Phi_p(\vec{r})$]. Sa pulsation de résonance est ω_{np}. Les deux atomes sont situés sur Ox, le premier étant à l'origine.

(1) FERMI, *Reviews of modern Physics*, 4, 1932, p. 87.

Leur distance moyenne est R. Pour tenir compte de l'interaction entre un électron et le rayonnement, la mécanique ondulatoire introduit l'hamiltonien perturbateur, où $\vec{A}$ est un potentiel vecteur,

$$H = i\frac{\varepsilon\hbar}{mc}\vec{A}\,\mathrm{grad},$$

qui donne satisfaction dans la plupart des cas. La méthode de variation des constantes, convenablement ajustée, permet alors d'évaluer la probabilité de trouver l'atome absorbant dans l'état p sous la forme $|a|^2$, a étant lui-même donné par une équation différentielle. Lorsque l'onde électromagnétique est donnée, cette équation est

$$(1)\qquad i\hbar\frac{da}{dt} = i\frac{\varepsilon\hbar}{mc}e^{i\omega_{np}t}\int \Phi'_p\vec{A}\,\mathrm{grad}\,\Phi_n\,d\tau.$$

Dans le cas du problème plus compliqué traité par Fermi on trouve, lorsque l'on suppose que l'atome émetteur n'avait pas encore rayonné à l'instant $t=0$,

$$(2)\qquad i\hbar\frac{da}{dt} = \frac{1}{R}\frac{\varepsilon\hbar}{mc^2}\omega\, e^{i\omega_{np}t}\int e^{-i\omega\left(t-\frac{x}{c}\right)}G\left(t-\frac{x}{c}\right)\Phi'_p\left(P_y\frac{\partial}{\partial y}+P_z\frac{\partial}{\partial z}\right)\Phi_n\,d\tau,$$

$G(t)$ étant une fonction qui est nulle quand la variable est négative et égale à 1 au cas contraire. On met l'équation (2) sous la forme (1) en choisissant un potentiel vecteur approprié. Faisons abstraction, dans l'expression de ce potentiel vecteur, des caractères particuliers de la source. Il prend la forme générale

$$A_x = 0,\qquad A_y = \mathfrak{A}_y G\, e^{-i\omega\left(t-\frac{x}{c}\right)},\qquad A_z = \mathfrak{A}_z G\, e^{-i\omega\left(t-\frac{x}{c}\right)};$$

$\mathfrak{A}_y$ et $\mathfrak{A}_z$ sont des constantes complexes. Il est naturel de dire que ce potentiel vecteur est le potentiel vecteur du champ électromagnétique associé au photon, car il définit une onde plane, monochromatique, progressive, dont l'émission et l'absorption sont quantifiées. Des considérations énergétiques simples permettent ensuite de dire que la probabilité pour le photon de passer, pendant l'intervalle de temps dt, à travers une surface normale dS est

$$\frac{1}{2\pi\hbar c}(\mathfrak{A}_y^2+\mathfrak{A}_z^2)G^2\,dt\,dS.$$

Il est remarquable que le potentiel vecteur associé au photon soit complexe. M. L. de Broglie a insisté, à plusieurs reprises et d'abord dans son livre *Matière et Rayonnement*, sur la nécessité de considérer en Mécanique ondulatoire des champs électromagnétiques ayant ce caractère. Nous avons montré ci-dessus que de tels champs sont impliqués par l'actuelle théorie quantique du rayonnement. Conformément à l'idée de M. de Broglie, ce résultat ne s'oppose pas au fait que les champs macroscopiques sont réels, car il disparaît quand la constante de Planck devient négligeable.

RAYONS X. — *Spectres* L *et niveaux caractéristiques du thallium.*
Note de Mlle **Yvette Cauchois.**

En vue de préciser les niveaux caractéristiques du thallium, j'ai fait une analyse complète de ses spectres L d'émission et d'absorption. La technique expérimentale est la même que pour Bi et Pb (1). L'émission provenait d'une pastille de Tl métallique sertie dans une anticathode de Cu; l'absorption a été faite à travers Tl métallique pulvérulent. Les discontinuités ne présentent pas de raies blanches. Les tableaux ci-dessous rapportent seulement les données qui ont servi au calcul des niveaux. Outre des rectifications numériques importantes, spécialement sur les fréquences d'absorption, mon travail apporte la séparation du doublet $\gamma_4\gamma'_4$ ($L_I O_{II}$, O_{III}). Comme pour le plomb, je réserve ici momentanément la question des niveaux $N_{VI,VII}$ et O_I et des émissions correspondantes; les raies faibles et satellites ne peuvent non plus trouver place dans cette Note.

TABLEAU I.

Émission.	λ u.x.	ν/R.	Émission.	λ u.x.	ν/R.
$L_I\,M_{II}\,\beta_4$...	1037,11	878,66	$L_{II}\,M_I\,\eta$...	1125,42	809,71
$M_{III}\,\beta_3$...	998,63	912,52	$M_{IV}\,\beta_1$...	1013,14	899,45
$M_{IV}\,\beta_{10}$..	962,00	947,26	$N_I\,\gamma_5$...	893,23	1020,19
$M_V\,\beta_9$...	954,86	954,35	$N_{IV}\,\gamma_1$...	865,80	1052,52
$N_{II}\,\gamma_2$...	846,07	1077,06	$O_{IV}\,\gamma_6$...	842,73	1081,33
$N_{III}\,\gamma_3$...	839,65	1085,30	$L_{III}\,M_I\,l$....	1381,99	659,39
$O_{II}\,\gamma'_4$...	811,45	1123,01	$M_{IV}\,\alpha_2$...	1216,33	749,20
$O_{III}\,\gamma_4$...	810,21	1124,73	$M_V\,\alpha_1$...	1204,92	756,29
			$N_I\,\beta_6$...	1047,48	869,96
			$N_{IV}\,\beta_{15}$..	1009,97	902,27
			$N_V\,\beta_2$...	1008,29	903,78
			$O_{IV,V}\,\beta_5$..	978,64	931,16

TABLEAU II.

Absorption.	λ u.x. d'après mesures antérieures rapportées par Siegbahn.	λ u.x.	ν/R.
L_I..........	— ; 805,8; 807,2	806,38	1130,07
L_{II}..........	840; 841,8; 841,9	841,67	1082,69
L_{III}.........	974; 977,9; 977,8	977,33	932,41

TABLEAU III.

Niveau...	K	L_I	L_{II}	L_{III}	M_I	M_{II}	M_{III}	M_{IV}	M_V
ν/R.....	6299,$_6$	1130,4_8	1082,6_8	932,4_1	272,9_9	251,8_2	217,9_6	183,2_2	176,1_2

Niveau...	N_I	N_{II}	N_{III}	N_{IV}	N_V	O_{II}	O_{III}	$O_{IV,V}$
ν/R.....	62,4_7	53,4_2	45,1_8	30,1_5	28,6_3	7,4_7	5,7_5	1,2_5

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 135.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre continu des rayons β^- émis par le radiovanadium* $^{52}_{23}V$. Note de Mlle **Tosiko Yuasa**, transmise par M. Paul Langevin.

L'étude de la radioactivité de $^{52}_{23}V$ a déjà donné lieu à quelques travaux. La période de désintégration est $3,9 \pm 0,1$ min. (1), la limite supérieure de l'énergie du spectre, déduite des mesures d'absorption du rayonnement β^- émis serait 1,98 MeV (2), tandis que l'existence d'une émission de photons est signalée. L'étude du spectre des rayons β^-, ainsi que celle des photons émis, a été reprise par l'auteur en employant la méthode des trajectoires de brouillard de Wilson. Cette méthode, qui n'avait pas encore été employée pour l'étude de la radioactivité de $^{52}_{23}V$, permet d'obtenir la forme du spectre continu et une limite supérieure de l'énergie beaucoup plus précise que celle qui a été obtenue par les mesures d'absorption de rayonnement. L'appareil Wilson employé, à grand temps d'efficacité, est du type F. Joliot, et le radiovanadium fut préparé par le cyclotron du Collège de France, la préparation nécessitant une très forte intensité des projectiles neutrons.

Nous avons examiné 855 trajectoires des rayons β^- sur 208 clichés photographiés stéréoscopiquement avec des sources de 24 mg/cm² (732 trajectoires) et de 80 mg/cm² (123 trajectoires) d'épaisseur de V^2O^5 sur les supports d'aluminium ou de laiton. A l'aide de la source de 24 mg/cm², les résultats suivants furent obtenus : le spectre paraît simple; la limite supérieure de l'énergie, par la méthode d'inspection, est $2,65 \pm 0,05$ MeV (d'après l'analyse de Fermi elle est $2,64 \pm 0,04$ MeV); l'énergie la plus probable et l'énergie moyenne sont respectivement $0,90 \pm 0,05$ MeV et 1,1 MeV (voir les figures 1 et 2).

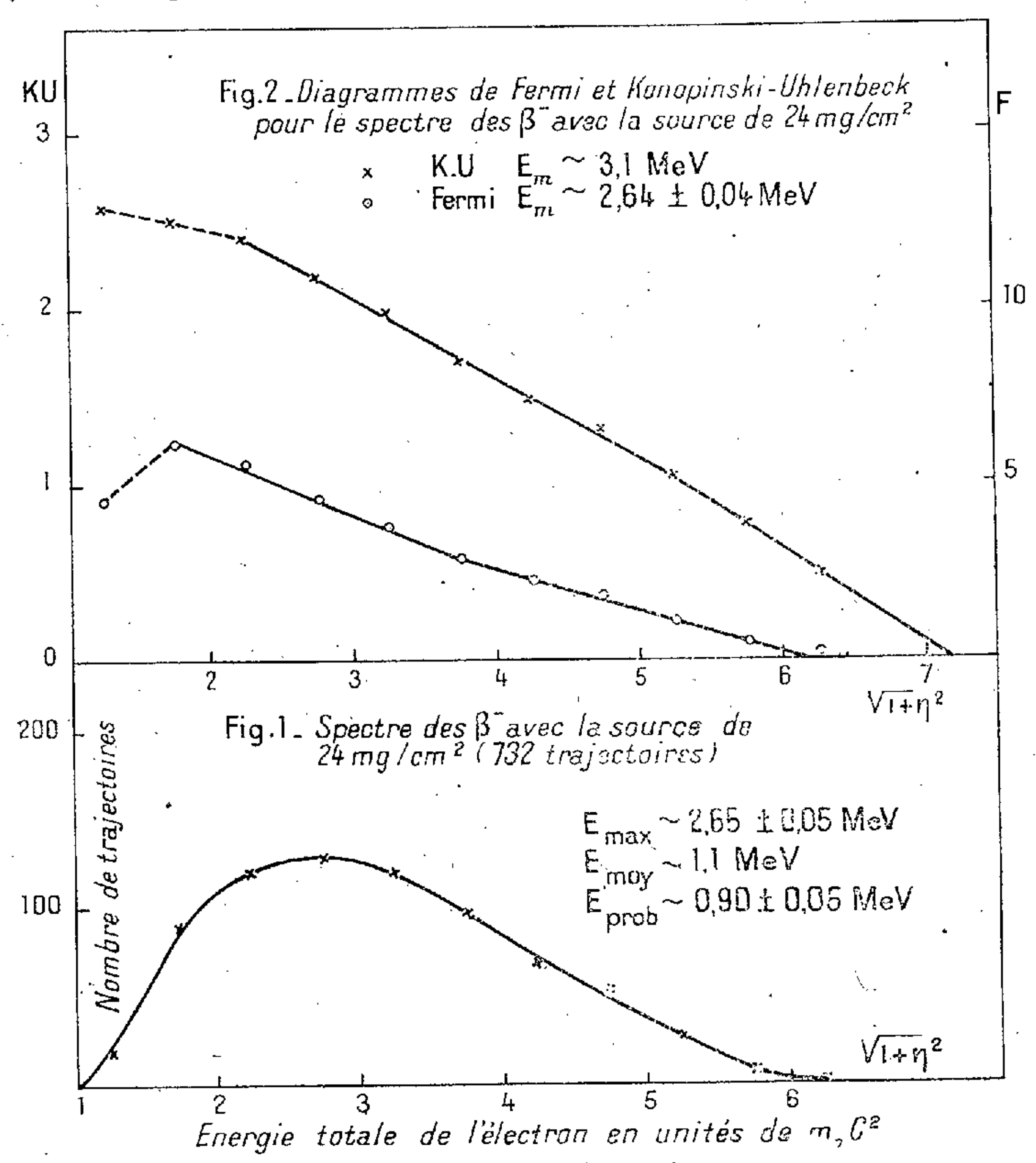
Nous avons observé que l'emploi d'une source épaisse (80 mg/cm²) déplaçait, comme on devait s'y attendre, le maximum du spectre vers les petites énergies, tandis que la matière du support modifie la forme du spectre d'autant plus que le nombre atomique de la matière qui le constitue est plus élevé. Le spectre de la figure 1 a été obtenu avec les sources d'épaisseur de 24 mg/cm² sur un support d'aluminium. On peut déjà admettre que le spectre est peu influencé par ces facteurs. Toutefois des expériences sont en cours en utilisant des sources d'épaisseur beaucoup plus faibles, déposées sur un support léger et mince.

On a observé 8 paires de matérialisation dans le gaz de la chambre de

(1) E. Amaldi, O. d'Agostino, E. Fermi, B. Pontecorvo, E. Rasetti et E. Segré, *Proc. Roy. Soc. London*, 149, 1935, p. 522; M. L. Pool, J. M. Cork et R. L. Thoronton, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 239; H. Walke, *ibid.* 52, 1937, p. 777.

(2) N. Gadzinski, I. Golotzvau et A. Danilenko, *Journ. exp. theor. Phys.*, **10**, 1940, p. 1.

Wilson provenant des rayons γ, dont l'énergie moyenne, d'après le bilan d'énergie, est $1,57 \pm 0,10$ MeV. Le rapport du nombre des rayons γ au nombre des rayons β^- émis par la source nous semble un peu plus élevé que dans le



cas de $^{76}_{33}As$ ([3]). Le spectre simple que nous observons correspondrait à la transition par les rayons β^- de $^{52}_{23}V$ à $^{52}_{24}Cr$ excité, et de $^{52}_{24}Cr$ excité à $^{52}_{24}Cr$ dans l'état fondamental par les rayons γ. Il y aurait approximativement un photon par désintégration β^-; la transition β^- de $^{52}_{23}V$ à $^{52}_{24}Cr$ dans l'état fondamental directe étant interdite.

On a observé 8 positons issus de la source dont les énergies sont comprises entre 0,15 MeV et 0,97 MeV, l'énergie moyenne étant 0,50 MeV. Une très faible proportion seulement de ces positons peut provenir de $^{50}_{23}V$, substance formée par la réaction $^{51}_{23}V\,(n, 2n)^{50}_{23}V$. En effet, dans nos conditions expérimentales, le rapport à l'origine du temps entre celui des positons de $^{50}_{23}V$ et le nombre des négatons de $^{52}_{23}V$ était de l'ordre de 10^{-3}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouvelles synthèses de la quinoléine à partir du benzène et du glycérol.* Note de M. **Léonce Bert**.

On sait que Skraup a obtenu la quinoléine au moyen de l'aniline et du glycérol.

([3]) T. Yuasa, *Journ. de Phys. et Rad.*, 2, 1941, p. 140.

On sait aussi que l'aldéhyde ortho-aminocinnamique donne naissance, par simple déshydratation, à la quinoléine et que c'est par une réaction du même ordre que l'ortho-aminobenzaldéhyde l'engendre également, dans sa condensation avec l'éthanal, sous l'influence de la soude (P. Friedlaender).

Les deux nouvelles synthèses de la quinoléine que nous allons décrire s'apparentent à ces trois genèses classiques. Elles partent en effet du benzène et du glycérol, comme le fit Skraup, mais elles aboutissent à la base cherchée par la voie suivie par P. Friedlaender, l'originalité de notre procédé consistant à préparer les aldéhydes *o*-aminobenzoïque et *o*-aminocinnamique, à l'aide des deux réactifs précités.

1° *Synthèse au moyen de l'ortho-aminobenzaldéhyde.* — On condense le benzène avec le dichloro-1.3-propène, $CH^2Cl.CH:CHCl$ (provenant de la déshydratation de la dichlorhydrine du glycérol), soit directement par réaction de Friedel et Crafts [1], soit indirectement par l'intermédiaire du bromure de phénylmagnésium [2]. On obtient ainsi l'ω-chlorallylbenzène $C^6H^5.CH^2.CH:CHCl$, que l'on nitre par le mélange sulfonitrique (SO^4H^2 à 66° Bé, 3 parties + NO^3H à 44° Bé, 2 parties). On n'emploie que la moitié de l'agent de nitration nécessaire pour mononitrer; on ne l'ajoute que très lentement à l'ω-chlorallylbenzène maintenu à −10° et l'on agite aussi bien que possible. Avec ces précautions, l'ω-chlorallylbenzène se nitre comme le toluène, en donnant un mélange des dérivés nitrés ortho et para qu'on ne peut séparer par distillation fractionnée. Le mélange, chauffé avec un excès de KOH et d'un alcool ROH quelconque (pratiquement CH^3OH, C^2H^5OH ou *n*-C^4H^9OH), fournit l'éther oxyde mixte d'alcoyle et d'*o*- et *p*-nitrocinnamyle $C^6H^4\langle{}^{CH:CH.CH^2.O.R}_{NO^2}$ que l'on coupe en aldéhydes *o*- et *p*-nitrobenzoïques [3], séparables par entraînement à la vapeur ou au moyen de leurs combinaisons bisulfitiques. (On peut aussi transformer d'abord l'ω-chlorallylbenzène en l'éther mixte précédent que l'on nitre préférentiellement en ortho par le mélange NO^3H fumant-anhydride acétique.) L'aldéhyde *o*-nitrobenzoïque, obtenu de l'une ou l'autre façon, est réduit en aldéhyde *o*-aminobenzoïque par le sulfate ferreux ammoniacal et changé enfin en quinoléine suivant les prescriptions de P. Friedlaender.

2° *Synthèse au moyen de l'aldéhyde o-aminocinnamique.* — Le mélange de dérivés *o*- et *p*-nitrés de l'ω-chlorallylbenzène du 1° est réduit par Fe + ClH en les amines correspondantes, assez faciles à séparer. L'*o*-amino-ω-chlorallylbenzène, chauffé avec un excès de KOH et d'un alcool ROH quelconque, se change en éther oxyde mixte d'alcoyle et d'*o*-aminocinnamyle

$$C^6H^4\langle{}^{CH:CH.CH^2.O.R\ (1)}_{NH^2\ (2)},$$

(1) P. Bert, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 619.
(2) L. Bert, *ibid.*, 180, 1925, p. 1504.
(3) L. Bert, *ibid.*, 215, 1942, p. 000.

lequel, chauffé en autoclave avec un excès de ClH à 22° Bé, passe à l'état de chlorhydrate de chlorure d'*o*-aminostyryle

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH:CH.CH^2Cl\ (1)\\ NH^2.ClH\ (2)\end{matrix}\right.,$$

que l'ébullition avec la quantité équimoléculaire d'hexaméthylène tétramine, en milieu hydroalcoolique, transforme en chlorhydrate d'aldéhyde *o*-aminocinnamique ([4]) qui fournit aisément la quinoléine.

Nos deux synthèses de la quinoléine, au moyen du benzène et du glycérol, confirment clairement la constitution de cette base. Elles permettent d'en préparer, *mutatis mutandis*, un grand nombre de dérivés de substitution dans son noyau benzénique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les antimoniocitrates alcalins.* Note ([1]) de MM. **Yves Volmar** et **Georges Geottelmann**.

Les règles énoncées par MM. Volmar et Duquénois ([2]) laissaient prévoir que l'acide citrique, α-oxyacide tertiaire, renfermant deux autres carboxyles, doit donner facilement avec $Sb(OH)^3$ un émétique d'une grande stabilité. Ce complexe antimoniocitrique a d'ailleurs été signalé par Prentice et Harrisson ([3]) et par Duquénois ([4]).

Reprenant la technique indiquée par MM. Volmar et Betz ([5]), nous avons étudié la fixation de $Sb(OH)^3$ sur l'acide citrique en fonction de sa salification, et nous avons obtenu, pour des concentrations suffisamment élevées d'acide et de sel alcalin, une courbe présentant deux maxima au lieu d'un, l'un normal correspondant à un mélange équimoléculaire d'acide citrique et de citrate neutre, l'autre anormal correspondant à un mélange de cinq molécules d'acide et une molécule de sel neutre.

Nous plaçant dans les conditions opératoires, indiquées par ces maxima, nous avons pu isoler :

1° Avec l'acide citrique 1/6 salifié, les antimoniocitrates monopotassique, monosodique et monoammonique, cristallisant en rhomboèdres, et correspondant à la formule générale

$$\begin{matrix}COOH-CH^2\\ COOH-CH^2\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}O\\ COOM\end{matrix}\!\!>Sb<\!\!\begin{matrix}O\\ OCO\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}CH^2-COOH\\ CH^2-COOH\end{matrix} + H^2O,$$

([4]) L. Bert et P.-Ch. Dorier, *ibid.*, 191, 1930, p. 332.

([1]) Séance du 13 avril 1942.

([2]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 599.

([3]) *Chem. Soc.*, 67, 1895, p. 1030.

([4]) *Thèse Doctorat Paris*, Strasbourg, 1935.

([5]) *Comptes rendus*, 196, 1932, p. 355.

ou, en adoptant la formule de complexe, conforme à la théorie de Wagner, préconisé par Duquénois ([4]) et Reihlen ([6]), la coordinence de l'antimoine étant 4,

$$\left[\begin{matrix} COOH-CH^2 \\ COOH-CH^2 \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} O \\ COO \end{matrix}\!\!>\underset{\substack{\vdots \\ OH^2}}{Sb}<\!\!\begin{matrix} O \\ OCO \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} CH^2-COOH \\ CH^2-COOH \end{matrix}\right] M_+$$

2° Avec l'acide citrique à demi salifié, les antimoniocitrates tripotassique, trisodique et triammonique, cristallisant en aiguilles prismatiques et qui peuvent être considérés comme les sels des précédents :

$$\begin{matrix} COOH-CH^2 \\ COOM-CH^2 \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} O \\ COOM \end{matrix}\!\!>Sb<\!\!\begin{matrix} O \\ OCO \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} CH^2-COOH \\ CH^2-COOM \end{matrix} + H^2O$$

ou

$$\left[\begin{matrix} COOH-CH^2 \\ COOM-CH^2 \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} O \\ COO \end{matrix}\!\!>\underset{\substack{\vdots \\ OH^2}}{Sb}<\!\!\begin{matrix} O \\ OCO \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} CH^2-COOH \\ CH^2-COOM \end{matrix}\right] M_+$$

3° Malgré tous nos efforts, nous n'avons jamais pu obtenir d'antimoniocitrates dialcalins, ce qui tend à montrer l'existence d'une certaine symétrie dans la molécule du complexe, les deux carboxyles salifiés contenus dans l'anion appartenant à deux molécules différentes de citrates.

Tous ces antimoniocitrates sont très stables; ils sont très solubles dans l'eau, à laquelle ils communiquent une réaction acide, et très peu dans l'acétone, l'alcool et les autres dissolvants organiques; leurs solutions aqueuses peuvent être chauffées à l'ébullition ou même à l'autoclave à 110° sans s'hydroliser, l'antimoine y est dissimulé à ses réactifs et ne précipite pas immédiatement par H^2S; par contre, les acides minéraux et les alcalis les décomposent avec formation de $Sb(OH)^3$; ils sont très facilement dissociés par la lumière ultraviolette avec mise en liberté d'antimoine.

Pour expliquer le maximum de fixation anormal de $Sb(OH)^3$ par l'acide citrique 1/6 salifié et l'existence des antimoniocitrates correspondants, il nous faut admettre, conformément aux lois énoncées par Duquénois ([4]) pour la formation des émétiques et vérifiées dans tous les cas étudiés, que l'acide citrique pour un groupe α-oxyacide renferme six oxhydryles, ce qui implique que le carboxyle actif y agit sous la forme de carbérine $-C\begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \end{matrix}$.

([6]) *Lieb. Ann.*, 487, 1931, p. 213.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isothioindigo.*
Note de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Alors que les deux isomères de l'indigo, l'indirubine et l'isoindigo, sont connus, il n'a été décrit, dans la série du thioindigo, que la thioindirubine. Or à la synthèse de *l'isothioindigo* se rattache le problème de la couleur de ce composé, couleur qui devrait être moins profonde que celle du thioindigo si l'on compare l'indigo, qui est bleu, à l'isoindigo, qui est rouge. Au demeurant, le problème de la couleur de l'indigo est à nouveau d'actualité, à en juger par les publications récentes consacrées au sujet. Toute information nouvelle dans ce domaine est donc de nature à jeter quelque lumière là où règne encore une troublante incertitude.

Parmi les voies classiques qui devraient permettre d'aboutir à l'isothioindigo (IV), il faut ranger, en première place, la condensation du β.*p*-diméthylaminoanile (I) ou du β-anile (II) de la thionaphtènequinone avec l'α-hydroyxthionaphtène (III) (forme cétonique) :

=N—R + H² ... :O O: ... S S → :O O: ... S S + H²N—R.

(I) : R = $C^6H^4—N(CH^3)^2$ (III) (IV)
(II) : R = C^6H^5

OH HO S S (V)

H H :O O: S S (VI)

Or la réaction qui devrait conduire aux aniles en question (par action de la *p*-nitrosodiméthylaniline ou du nitrosobenzène sur l'α-hydroxythionaphtène) prend un tour anormal : les deux dérivés nitrosés agissent comme oxydants doux, et il se forme, au lieu des aniles attendus, un corps blanc (Rdt 75 %) dont la composition répond à la formule du *leuco-isothioindigo* [(V) ou (VI)]. Recristallisé du chloroforme, il fond à 260° en se décomposant [1]. Tous les essais en vue de passer du leuco à l'isothioindigo lui-même ont échoué : tout au plus se forme-t-il une résine violette incristallisable.

---

[1] Tous les points de fusion indiqués dans cette Note sont les points de fusion instantanés au bloc d'or (Dufraisse et Chovin, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 779). Pour les corps qui se décomposent avant de fondre, cette méthode donne des chiffres plus élevés et auxquels il faut accorder plus de crédit qu'à ceux que donnent les méthodes aux bains d'acide ou de mercure.

Une autre méthode d'obtention possible de l'isothioindigo consiste à oxyder directement l'α-hydroxythionaphtène. Ch. Marschalk ([2]) a indiqué comme oxydants dans des cas analogues (phtaloylisooxindigos), soit le chlorure de soufre, soit le chlorure de thionyle. J'ai appliqué, avec de bons résultats, ce procédé à d'autres matières premières : ainsi avec le chlorure de soufre, l'oxindol m'a donné l'isoindigo (Rdt 90 % ; F 398°); la β-coumaranone, l'oxindigo (Rdt 50 % ; F 336°) et enfin, le β-hydroxythionaphtène, le thioindigo (Rdt 75 % ; F 359°). Mais, justement dans le cas de l'α-hydroxythionaphtène, il ne se forme qu'une résine violette incristallisable, aussi bien avec le chlorure de soufre qu'avec le chlorure de thionyle. Il en est de même si l'on s'adresse au chlorure ferrique.

Le passage de l'α-hydroxythionaphtène à l'isothioindigo n'a pu être réalisé qu'à l'aide du bioxyde de sélénium, en effectuant la réaction dans l'alcool à 0° (Rdt 35 %). On connaît peu d'exemples où SeO^2 provoque de telles condensations; cependant le β-hydroxythionaphtène donne, dans les mêmes conditions, le thioindigo. De plus, il a été signalé ([3]) que la phényl.1-méthyl.3-pyrazolone subit une condensation analogue et se transforme en bleu de pyrazol lorsqu'on l'oxyde par SeO^2 au sein de l'acide acétique.

L'isothioindigo se présente en cristaux violet noir (F 224° décomp.). Il est très soluble dans le chloroforme, moyennement dans le benzène, insoluble dans l'alcool. Ses solutions dans le benzène et le chloroforme sont violettes. Ainsi, ce composé a une couleur plus profonde que son isomère, le thioindigo. Dans cette série, contrairement à toute attente, l'ordre d'élévation de la teinte est donc inverse de celui de la série de l'indigo.

MINÉRALOGIE. — *Sur un nouveau type de stichtite trouvée dans le massif de serpentines de Bou-Oufroh, Maroc.* Note de Mlle **Simonne Caillère**.

En 1934 R. Frey et J. Burghelle ont étudié la composition chimique d'un produit rose trouvé dans les serpentines de Bou-Oufroh (R. Frey et J. Burghelle, *Ann. de Chimie Analytique,* 15 février 1934), mais ils ne l'ont rapporté à aucune espèce connue. J'ai repris l'examen minéralogique complet de cette substance et j'ai pu l'identifier à la *stichtite*, hydrocarbonate de chrome et de magnésie décrit par W. E. Petterd ([1]) à Dundas en Tasmanie et signalé depuis au Transvaal (A. L. Hall, *Transaction of Geol. Soc. of South Africa*, 1922, p. 182) et au Canada ([2]).

Macroscopiquement le minéral étudié est d'un rose violacé très pâle; il est

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 9, 1942, p. 691.

([3]) H. Ohle et G. A. Melkonian, *Ber. d. chem. Ges.*, 74, 1941, p. 398.

([1]) W. F. Petterd, *Catalogue of the Minerals of Tasmania*, 1910, p. 167.

([2]) Poitevin et Graham, *Geol. Survey Canada Museum Bull.*, 27-29, 1918.

onctueux au toucher et forme des lamelles soyeuses, rayées facilement à l'ongle. Examiné en lame mince, il paraît d'un jaune très légèrement rosé et se trouve au milieu d'une serpentine peu biréfringente présentant une belle structure maillée. Cette stichtite est parcourue par un réseau de veinules d'un minéral pseudopolychroïque qui la divise en plages grossièrement carrées, formées par des fibres très fines, pliées et enroulées. Celles-ci semblent se substituer à des grains cubiques de chromite entièrement disparus. Le minéral pseudopolychroïque a les caractères d'un carbonate; sa réfringence et sa biréfringence sont celles de la giobertite. La stichtite est faiblement polychroïque; elle a une extinction droite, un allongement positif, une biréfringence élevée. Ses indices de réfraction, mesurés par la méthode d'immersion, ont pour valeur $n'_g = 1{,}562$, $n'_p = 1{,}543$. L'étude chimique de la partie soluble dans HCl froid et dilué au 1/10, a donné les résultats figurant dans les lignes I et II du tableau ci-dessous. Ceux-ci représentent la composition chimique du minéral étudié, l'antigorite et la giobertite étant insolubles dans les acides froids et dilués. Ces résultats obtenus par R. Frey et J. Burghelle m'ont été communiqués en mai 1934 par ces auteurs, mais n'ont pas été publiés jusqu'ici. La ligne III du tableau contient les résultats obtenus par A. J. Werley avec la stichtite du gisement originel.

	CO^2.	FeO.	Fe^2O^3.	Al^2O^3.	Cr^2O^3.	MgO.	H^2O^+.
I.........	7,86	0,31	13,90	2,08	6,19	37,34	32,52
II........	8,50	0,16	14,18	2,06	4,92	38,26	31,92
III.......	7,2	—	9,0	—	11,5	36,0	36,1

La composition du minéral étudié peut donc être représentée par la formule $2CO^2, 9MgO, (Fe, Cr)^2O^3, 18H^2O$, peu différente de celle déduite de l'analyse de la stichtite typique de Tasmanie $2CO^2, 9MgO, Cr^2O^3, 20H^2O$. La seule différence réside dans la teneur en eau. Or l'analyse faite par A. J. Wesley n'indique que la quantité globale d'eau et ne fait pas état de l'eau hygroscopique. On peut donc conclure que la composition du minéral de Bou-Oufroh est bien celle d'une stichtite.

L'étude thermique, avec le dispositif différentiel de Saladin-Le Chatelier, met en évidence une courbe présentant, outre les inflexions caractéristiques de l'antigorite, deux crochets endothermiques vers 200° et vers 440°. Les mêmes inflexions caractérisent les courbes des minéraux de Tasmanie et du Transvaal. De plus les diagrammes de Debye et Sherrer, obtenus avec le minéral de Bou-Oufroh, renferment exactement les mêmes raies que ceux des stichtites précédemment décrites.

Toutes ces données montrent que le minéral marocain appartient au groupe de la stichtite, mais qu'il en constitue une variété ferrifère. Cette teneur en fer explique en particulier sa couleur beaucoup plus pâle que celle de la stichtite du Transvaal. Enfin, par sa composition chimique, le minéral de Bou-Oufroh

paraît constituer, dans le groupe de la stichtite, un terme de passage à des hydrocarbonates magnésiens purement ferrifères : la brugnatellite et la pyroaurite.

GÉOLOGIE. — *Essai de chronologie du Quaternaire ancien.* Note de M. **Franck Bourdier**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une chronologie d'ensemble du Quaternaire français, je vais essayer d'intégrer quelques observations nouvelles, pour lesquelles la collaboration de deux spécialistes, MM. J. Favre et Lemée, me fut particulièrement précieuse.

Les sondages des environs de Berlin ([1]) prouvent qu'il y eut trois glaciations auxquelles correspondent probablement, en Bas-Dauphiné, trois types de dépôts morainiques caractérisés par des différences d'altération superficielle ([2]); nous conviendrons, avec A. Penck, de rapporter ces trois types de moraines au Mindel, au Riss et au Wurm, les interglaciaires étant dénommés Post-Riss, Post-Mindel et Post-Wurm.

Le Pré-Mindel semble représenté par les alluvions d'Abbeville (Porte du Bois), de Saint-Acheul (Carrières Bultel et de la rue du Comte-Raoul), de Montreuil, près de Paris, et de Strasbourg-Achenheim. Leur faune de Mammifères garde un caractère archaïque, rappelant le Pliocène, avec *Rhinoceros etruscus*, *Elephas meridionalis* etc. ([3]). Par contre ces alluvions ne contiennent aucun des Mollusques caractéristiques du Pliocène d'Hauterives (Drôme); les espèces malacologiques actuellement disparues y sont rares (*Pupa poltavica* à Saint-Acheul, *Lartetia belgrandi* à Montreuil etc.); les espèces de nos régions méditerranéennes manquent, mais on y trouve quelques formes vivant actuellement dans les régions nordiques, comme *Bithinia troscheli* et *Valvata naticina*, cette dernière à Montreuil (détermination inédite de M. J. Favre, d'après des matériaux du Museum de Lyon). Dans le domaine marin, notons que la faune *sicilienne* présente, elle aussi, une prédominance des espèces actuelles tempérées, dont quelques-unes des mers froides.

Les industries préhistoriques, qui sont la caractéristique du Quaternaire, apparaissent dans les alluvions à faune archaïque d'Abbeville (Pré-Chelléen de Commont = Abbevillien de Breuil) et de Montreuil ([4]).

([1]) Voir M. Gignoux, *Géologie stratigraphique*, 2e édition.

([2]) F. Bourdier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 530.

([3]) Sur Abbeville et Saint-Acheul, voir H. Breuil, *L'Anthropologie*, 49, n° 1-2, p. 14, Breuil, Aufrère et Bowler-Kelley, *Comptes rendus*, 208, 1939, pp. 1037 et 1598; 209, 1939, p. 56. Sur la faune archaïque de Montreuil, détruite pendant la Commune, voir la thèse injustement méconnue de Roujou, *Étude sur les terrains quaternaires du Bassin de Paris* (1873). Sur l'Alsace, voir Franc de Ferrière, *Contribution à l'étude des formations quaternaires de la plaine d'Alsace* (*Thèse*, Strasbourg, 1937); P. Wernert, *Bull. Ass. Philomathique d'Alsace*, 8, iv, 1937, p. 363.

([4]) Ameghino, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 9, 1881, p. 254.

Le Mindel semble représenté de façon certaine, dans les Alpes françaises, par les moraines que j'ai découvertes à Tourdan, dans la Bièvre-Valloire ([2]). On pourrait peut-être dater du Mindel : 1° les sables *aigres* de Saint-Acheul, interstratifiés, semble-t-il, avec des gravats de solifluxion; 2° les alluvions de *Chez-Prévot* près de Jarnac-Charente ([2]), contenant de petits blocs anguleux de granit, transportés probablement par des glaçons; 3° la marne soliflüée qui a fourni du Renne et recouvre les alluvions rhénanes à Achenheim.

L'industrie préhistorique trouvée dans les sables *aigres* de Saint-Acheul et dans les alluvions de *Chez-Prévot* correspond à l'Acheuléen inférieur. A *Chez-Prévot* j'ai découvert également une industrie abbevilienne, mais très érodée et patinée en marron; elle doit provenir d'un dépôt plus ancien remanié dans les alluvions.

Le Post-Mindel. — La durée considérable du Post-Mindel est prouvée par la profonde décalcification (de l'ordre du mètre) des moraines de Tourdan. Cette décalcification a donné naissance à une argile d'un rouge violacé intense qui rappelle nos sols méditerranéens et pourrait indiquer un climat plus chaud que l'actuel ([2]). Une photographie inédite de V. Commont (coll. de Lamothe, Université de Grenoble) montre une altération tout à fait comparable aux alluvions de Saint-Acheul (niveau de la carrière Bultel et Tellier); signalons aussi le *vrai diluvium rouge* décrit par Roujou aux environs de Paris et la rubéfaction des alluvions de *Chez-Prévot* (H. Breuil). A Achenheim, d'après J. Franc de Ferrière, les anciens sols situés au-dessus de la marne avec Renne indiqueraient également un climat très humide et chaud, devenant plus continental (limon lœssoïde), puis de nouveau humide et chaud. La flore et les Mollusques des tufs de la Celle-sous-Moret évoquent aussi un climat chaud, comme la faune marine à Strombes de la Méditerranée.

Les tufs de la Celle ont fourni, à leur partie supérieure, de l'Acheuléen très évolué (Micoquien ?), et les *sables roux* de Saint-Acheul contiennent l'industrie dite de l'atelier Commont.

Dans la vallée du Rhône, j'ai repris l'étude d'un curieux lœss calcaire qui recouvre les plateaux pliocènes des environs de Lyon et de Saint-Vallier (La Croix-Thoré et Bogy) et dans lequel des concrétionnements ont formé un véritable banc de calcaire compact pouvant atteindre près de 1^{m} d'épaisseur. A la Croix-Thoré, ce lœss a fourni *Equus stenonis* et *Hyæna* cf. *perrieri* (déterminations de L. Doncieux). A Bogy, j'y ai découvert des moules internes de Mollusques étudiés par M. Favre; parmi quelques espèces tempérées banales, deux espèces méditerranéennes, *Zonites algirus* et *Rumina decollata*, semblent indiquer un climat plus chaud que l'actuel et tendraient à nous faire classer ce lœss dans le Post-Mindel (cf. Mollusques de la Celle et limon lœssoïde d'Achenheim). Au contraire, la faune de Mammifères de ce dépôt, dont je compte reprendre l'étude avec M. Viret, tendrait à le faire remonter au Pré-Mindel. Ce lœss pourrait être contemporain du lœss dit Pré-Chelléen de

V. Commont, non décrit par l'auteur et qu'il faut peut-être assimiler au limon blanc à *Pupa* de la ferme de Grâce à Montières (Somme). Les recherches sur les lœss très anciens ne font que commencer et leurs résultats sont encore bien hypothétiques.

BIOLOGIE. — *La corrélation entre la lenteur du développement chez l'Homme et l'étonnante vitalité de son cerveau.* Note (¹) de M. ÉMILE DEVAUX, présentée par M. Louis Bouvier.

Une caractéristique essentielle de l'espèce humaine est la lenteur extraordinaire du développement de ses organes. Cette notion est actuellement admise par la plupart des biologistes, mais il y a plus de 20 ans que nous l'avons proclamée, et depuis, à diverses reprises, nous en avons souligné l'importance (*Rev. gén. des Sc.*, 15 mai 1921; 15 septembre 1923; 23 avril 1924; 15 mars 1931; 15 mars 1935).

A ce titre, il existe une grande différence entre les Anthropoïdes et l'Homme, spécialement au point de vue du cerveau. Chez l'Anthropoïde, le cerveau a complètement cessé son développement dès l'âge de 6 ans, tandis que chez l'Homme, il continue à augmenter de poids jusqu'à 30 et 40 ans et au delà [2]. Or cette différence apparaît dès la première année, comme le montre la vie immédiatement active du petit singe, faisant contraste avec la vie quasi végétative du petit humain. Le cerveau du premier est arrivé à son plein fonctionnement, alors que celui du second est encore en pleine phase de formation. Voici ce qui nous donne à penser qu'il en est ainsi.

L'augmentation de poids du cerveau humain, qui est de 6 à 700^g pendant la première année, ne peut être exclusivement attribuée à l'agrandissement de taille des cellules cérébrales existant à la naissance, car celles-ci atteindraient-elles, pendant cette période, leur taille définitive (que les anthropoïdes mettent 6 à 7 ans à atteindre), elles ne feraient passer le poids initial du cerveau que du simple au double, tandis qu'il y a triplement. Dès lors ce triplement de poids de son cerveau n'est explicable que par une multiplication proprement dite, une hyperplasie massive des neuroblastes, qui persisterait au delà de la naissance.

Cette interprétation est appuyée sur des observations positives de la multiplication des neuroblastes après la naissance de l'enfant humain, du moins en certaines régions, comme l'a démontré depuis longtemps Ch. Minot : « On les voit très bien, en particulier à la surface du cervelet de l'enfant nouveau-né, où ils forment, dit l'auteur (p. 187), une couche distincte bien connue de tous ceux qui sont initiés à la structure du cerveau. Toutes se déplacent, soit en

(¹) Séance du 1er mai 1942.

(²) H. ROGER, *Presse médicale*, 14 février 1942.

surface, soit en profondeur, et constituent des provisions de cellules nerveuses, à l'état embryonnaire. Ce n'est que tardivement qu'elles se différencieraient en cellules fonctionnelles et cesseraient d'être multipliables ([3]). »

Mais cessent-elles vraiment toutes d'être multipliables, ne subsisterait-il pas, à tout âge, des cellules embryonnaires dans l'encéphale humain puisque cet encéphale continue encore à se développer 20 ans après l'âge adulte (H. Roger).

On sait que de nombreux aphasiques, même vieux, guérissent, un nouveau centre du langage se constituant dans la troisième circonvolution droite. Peut-on admettre qu'une substitution fonctionnelle si importante soit le fait de vieilles cellules spécialisées depuis 60 ans et plus dans une fonction particulière? C'est invraisemblable.

Tout s'explique sans peine, au contraire, si des neuroblastes embryonnaires ont subsisté dans le cerveau. Ce sont eux alors qui réapprendraient à parler, comme l'avaient fait au début les neuroblastes du tout petit enfant. Ce sont eux aussi qui entretiendraient la persistance étonnante de la vitalité et de l'activité du cerveau chez beaucoup de vieillards. Quoique la grande masse des cellules de ces cerveaux âgés soit certainement constituée par des cellules vieillies, comme c'est la règle pour tous les éléments des organismes séniles, *il subsisterait dans cette masse des foyers de réparation, grâce à l'existence dès le début et à la persistance de neuroblastes non différenciés, entretenant un blastème réparateur.*

C'est grâce à eux, évidemment, que de nombreux octogénaires conservent toutes leurs facultés intellectuelles, comme nous en connaissons tant d'exemples, entre autres, parmi les récents, le botaniste de Vries (87 ans), les physiologistes Charles Richet (85 ans) et J.-A. d'Arsonval (90 ans), le géomètre Émile Picard (85 ans) et *tutti quanti*.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le dosage de la bilirubine dans les sérums sanguins.* Note de Mme **Madeleine Roy** et M. **Augustin Boutaric**, présentée par M. Charles Achard.

La bilirubine possédant un spectre d'absorption caractéristique dans la région bleue violette du spectre, nous nous sommes demandé si l'on ne pourrait pas utiliser ses propriétés absorbantes pour la détermination de la concentration en bilirubine dans le sérum.

Pour cela, nous avons déterminé tout d'abord à l'aide du spectrophotomètre de Jobin et Yvon à mesure visuelle, le spectre d'adsorption de solutions de bilirubine de diverses concentrations ayant un coefficient pH très voisin

---

([3]) *The problem of age, growth and death*, New-York et Londres, 1908.

de celui du sérum. La bilirubine était dissoute dans une solution de soude ($31^{cm^3},76$ N/80) à laquelle on ajoutait rapidement : 2^g de sérumalbumine préparée par la méthode de l'acétone à froid de M. Piettre, 25^{cm^3} d'une solution d'acide borique et de chlorure de potassium M/5, le volume du mélange étant complété à 100^{cm^3} avec de l'eau distillée. La sérumalbumine servait à la fois de colloïde protecteur destiné à empêcher la floculation de la bilirubine par l'acide borique et d'agent de stabilisation ayant pour effet de supprimer l'oxydation de la bilirubine, qui est très rapide en milieu alcalin en l'absence d'un inhibiteur approprié ([1]). Le coefficient pH de la solution ainsi réalisée était voisin de 7,5. En la diluant avec une liqueur ayant la même composition en soude, sérumalbumine, acide borique et chlorure de potassium (mais ne contenant pas de bilirubine), on obtenait des solutions de concentrations de plus en plus faibles en bilirubine, mais dont les milieux solvants avaient même pH et même composition.

Le tableau suivant donne les densités optiques δ relatives à un certain nombre de longueurs d'onde pour des solutions renfermant 100, 50, 20, 10 et 5^{mg} de bilirubine par litre.

	Milligrammes de bilirubine par litre.				
λ.	100.	50.	20.	10.	5.
430.......	1,19	0,94	0,79	0,62	0,29
440.......	1,40	1,08	0,96	0,81	0,49
450.......	1,49	1,24	1,12	0,84	0,51
460.......	1,55	1,33	1,22	0,96	0,56
470.......	1,72	1,44	1,32	0,97	0,57
480.......	1,88	1,69	1,40	0,95	0,56
490.......	2,03	1,75	1,19	0,67	0,36
500.......	1,87	1,45	0,72	0,42	0,22

Ces mesures montrent que les solutions de bilirubine ne suivent pas la loi de Beer, même d'une façon approchée, ce qui constitue une difficulté pour déduire la teneur en bilirubine d'un sérum de mesures spectrophotométriques ([2]). Cependant, si l'on trace les courbes qui représentent, pour les diverses longueurs d'onde examinées entre $\lambda\,440\,m\mu$ et $\lambda\,490\,m\mu$, la variation de δ en fonction de c, on obtient une série de courbes permettant de déterminer la teneur approchée d'un sérum en bilirubine. Ayant mesuré pour le sérum les densités optiques relatives aux longueurs d'onde précédentes, il suffit de relever sur les courbes correspondantes du graphique, les abscisses qui correspondent à ces densités optiques. On obtient une série de valeurs de la concentration c, toujours assez voisines les unes des autres, dont la moyenne fournit une évaluation approchée de la teneur en bilirubine du sérum examiné.

Voici, pour deux sérums A et B pris au hasard parmi de très nombreux

([1]) A. Boutaric et M. Roy, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 1021.
([2]) M. Roy et A. Boutaric, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 189

sérums étudiés, les densités optiques δ relatives à diverses longueurs d'onde et les concentrations c en bilirubine déduites de ces mesures par la méthode précédente.

λ	440.	450.	460.	470.	480.	490.
δ(A)	0,68	0,75	0,89	0,89	0,89	0,72
c(A)	8,5	9,0	9,5	9,5	9,5	11,0
δ(B)	0,59	0,64	0,66	0,66	0,65	0,49
c(B)	8,5	7,0	6,0	6,0	6,0	8,0

En prenant la moyenne des valeurs de c on trouve comme teneur en bilirubine $9^{mg},5$ par litre pour le sérum A et $6^{mg},9$ par litre pour le sérum B.

PHARMACOLOGIE. — *Amphomimétisme de l'acétylcholine. Recherches sur la membrane nictitante du Chat.* Note de MM. **Daniel Danielopolu** et **Ion Marcu**, présentée par M. Charles Achard.

Nous avons démontré par de nombreuses expériences que l'acétylcholine n'est pas parasympathomimétique, mais amphomimétique. Les expériences dont nous donnons les résultats plus bas en sont de nouvelles preuves.

Expérience 1. — Chat 1700^{g}, surrénalectomisé et anesthésié au luminal. Section du sympathique cervical. Nous inscrivons la pression et les contractions de la membrane nictitante. Injection de 1^{mg} d'ésérine et ensuite d'atropine.

L'acétylcholine (1^{mg}) produit une hypertension et une contraction de la membrane nictitante.

L'acétylcholine est amphomimétique. L'atropine empêche son action parasympathomimétique, ne restant intacte que l'action sympathomimétique, qui produit l'hypertension et la contraction de la membrane nictitante.

Expérience 2. — Chat, surrénalectomisé et anesthésié au dial. Sympathicotomie cervicale, cocaïnisation (pour sensibiliser l'animal à l'adrénaline), atropine (pour empêcher toute action parasympathomimétique); l'adrénaline associée à l'acétylcholine produisent une hypertension et une contraction de la membrane nictitante beaucoup plus intenses que la même dose d'adrénaline sans acétylcholine.

L'acétylcholine est amphomimétique. Après l'atropine, qui empêche son action parasympathomimétique, elle est exclusivement sympathomimétique. Cette action s'ajoute à l'action sympathomimétique de l'adrénaline et renforce l'action hypertensive et contracturante de la membrane nictitante de cette dernière substance.

Expérience 3. — Chat 2200^{g}, surrénalectomisé. Après atropine, l'acétylcholine produit une contraction de la membrane nictitante (par son action sympathomimétique). L'action parasympathomimétique a été empêchée par l'atropine. La cocaïne sensibilise la membrane nictitante à l'action sympathomimétique de l'acétylcholine.

Amphomimétisme de l'acétylcholine. — Voici les résultats de nos recherches antérieures et de celles contenues dans cette Note, qui prouvent l'amphomimétisme de l'acétylcholine.

a. L'acéthylcholine est vasodilatatrice. Après l'atropine, qui empêche l'action de sens parasympathique, elle devient vasoconstrictrice.

b. Chez l'animal atropinisé, l'acétylcholine produit une contraction de la membrane nictitante.

c. L'acétylcholine renforce l'action sympathomimétique de l'adrénaline. Chez l'animal atropinisé, où toute action parasympathomimétique est empêchée, le phénomène est très évident.

d. La cocaïne, dont nous connaissons l'action sensibilisante pour le sympathique, sensibilise aussi pour l'action sympathomimétique de l'acétylcholine.

e. Sur le cœur, les vaisseaux de la circulation générale, le corps de l'estomac, les petites doses d'ésérine ont une action amphomimétique prédominant dans le sens parasympathique, et les grandes doses ont une action amphomimétique prédominant dans le sens sympathique.

f. A petites doses l'ésérine augmente le tonus du muscle squelettique; à grandes doses elle le diminue.

g. Une dose d'ésérine qui augmente le tonus du muscle squelettique le diminue au contraire après l'adrénaline.

Dans des recherches antérieures, nous avons démontré que l'adrénaline est amphomimétique. Les recherches présentes démontrent l'amphomimétisme de l'acétylcholine.

L'antagonisme de ces deux substances s'explique par la prédominance dans le sens sympathique ou parasympathique. C'est par conséquent un *antagonisme de prédominances*.

Pour les deux substances, l'amphomimétisme prédomine dans le sens sympathique ou parasympathique, selon la *dose* employée. Nous avons démontré pour l'adrénaline et la sympathine que cette prédominance dépend aussi du *tonus* de l'organe. Il en est probablement de même pour l'acétylcholine.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 NOVEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **A. Cotton**, **L. de Broglie**, pour la Division des Sciences mathématiques; **L. Bouvier**, **A. Lacroix**, pour la Division des Sciences physiques; **C. Gutton**, **J. Jolly**, pour la Section des Académiciens libres, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, dressera une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par le décès de M. *P. Séjourné*.

CORRESPONDANCE.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur l'influence de la saturation d'une bobine inductive à noyau de fer réglée en dissonance*. Note de MM. **Oleg Yadoff** et **Pierre Mathon**, présentée par M. Camille Gutton.

Précédemment nous avons montré les avantages d'une bobine inductive, dite à *dissonance*, lorsqu'elle est appelée à protéger un réseau triphasé à haute tension contre les mises accidentelles à la terre (¹). L'un de nous a indiqué ensuite l'importance de l'influence de la saturation sur la dissonance d'une bobine à noyau de fer connectée au point neutre d'une ligne triphasée placée sur les mêmes pylônes parallèlement à une autre ligne analogue, mais non protégée par la bobine (²). Il a montré notamment que l'influence de la saturation a pour effet d'augmenter considérablement le courant inductif fourni par la bobine; il s'ensuit qu'un degré de dissonance négatif en régime de non-saturation du noyau de fer de la bobine devient positif en régime saturé.

Poursuivant cette étude, nous montrons ci-après que, lorsque nous avons une ligne triphasée dont le point neutre est protégé par une bobine à dissonance, placée parallèlement à une ligne triphasée sans bobine, les courbes représentatives de tensions de la bobine U_b, en fonction du degré de dissonance ε et d'un paramètre variable λ (³), tournent leur concavité vers le bas, pivotent toutes

---

(¹) O. Yadoff et P. Mathon, *L'Ingénieur-Constructeur*, n° 237, xxvi, 1934, p. 2721, Paris.

(²) P. Mathon, *Thèse d'Ingénieur-docteur*, n° 47, 1938, Paris.

(³) λ étant le rapport des capacités : de la résultante des capacités mutuelles sur la somme des capacités de terre de la ligne considérée.

autour d'un seul point commun et décrivent par leur sommet une courbe parabolique de forme $y = ax^2 + bx + c$, qui est à un haut degré de précision l'enveloppe des courbes représentatives de tension en fonction du degré de dissonance.

En effet, envisageons deux lignes triphasées placées parallèlement sur les mêmes pylônes, sans aucune connexion métallique, et supposons que l'une d'elles est protégée par une bobine inductive, de self-induction $\mathcal{L}\omega$ et de degré de dissonance variable ε. Soient U la tension d'alimentation de la ligne protégée, C sa capacité totale par rapport à la terre, C' la somme des capacités résultant de l'influence mutuelle de ces deux lignes et R la valeur de la résistance non inductive équivalente aux résistances se trouvant entre le point neutre de la ligne protégée et le sol; $\mathcal{L}_\infty\omega$ représente la valeur limite de l'inductance de la bobine lorsque sa tension tend vers l'infini. On a une relation

$$\frac{1}{\mathcal{L}\omega} = \frac{1}{\mathcal{L}_\infty \omega}\left(1 - \frac{U_0}{U_b}\right),$$

dans laquelle U_0 désigne un coefficient homogène à une tension de valeur

$$U\left(1 - \frac{\mathcal{L}_\infty}{\mathcal{L}}\right).$$

Le degré de dissonance étant défini par l'expression

$$\varepsilon = \pm \frac{1}{C\omega}\left(\frac{1}{\mathcal{L}\omega} - C\omega\right),$$

nous formons alors la relation qui nous permet d'expliciter, en fonction du degré de dissonance, les variations de la tension de la bobine. On a

$$U_b = \frac{U_0 + \sqrt{U^2\left(\frac{\lambda}{\alpha R}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon - \lambda}{\alpha R}\right)^2 \left[U^2\left(\frac{\lambda}{\alpha R}\right)^2 - U_0^2\right]}}{1 + \left(\frac{\varepsilon - \lambda}{\alpha R}\right)^2} \qquad \text{avec } \lambda = \frac{C'}{C} \text{ et } \alpha = \frac{1}{\mathcal{L}_\infty \omega}.$$

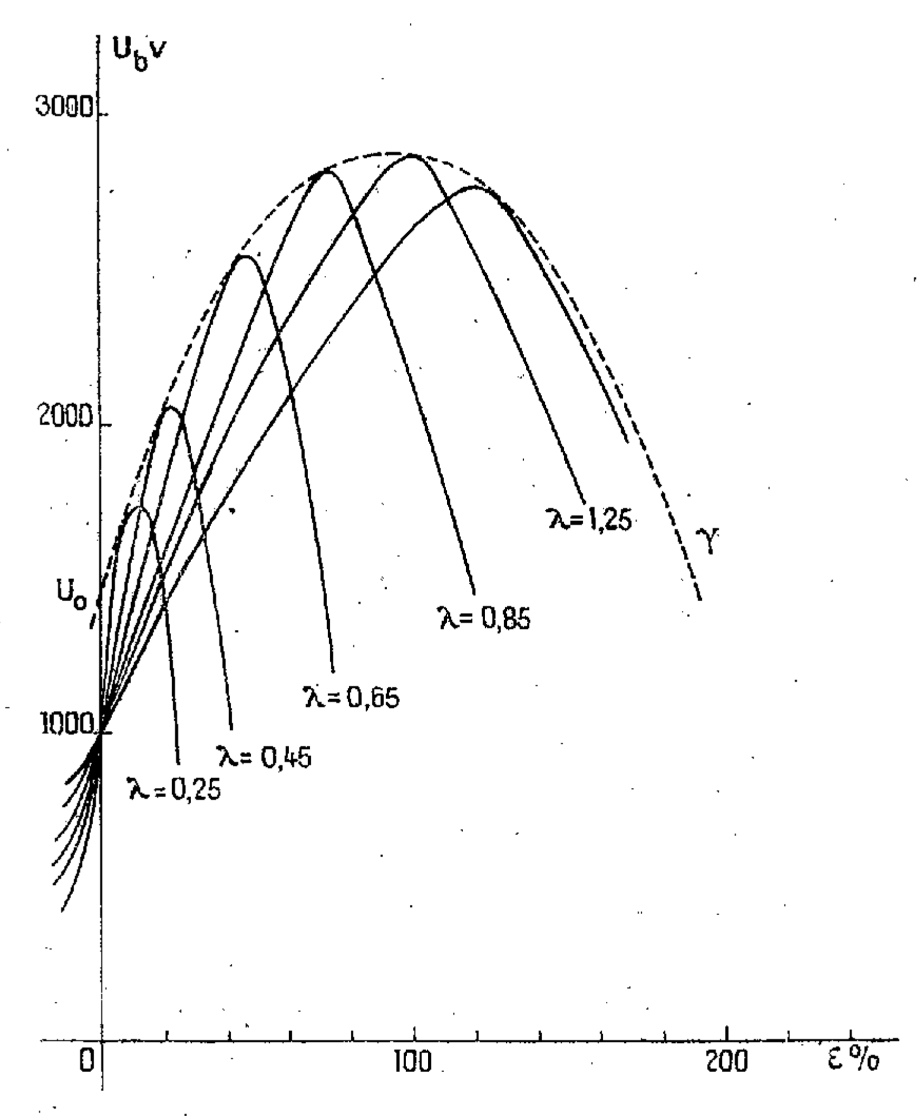
Dans la plupart des cas correspondant à la pratique, la fonction passe par son maximum lorsque $\varepsilon = \lambda$ et elle a pour valeur

$$U_b = U_0 + U\frac{\lambda}{\alpha R}.$$

Ces considérations se trouvent confirmées par l'expérience, ainsi que le montre la famille des courbes expérimentales $U_b = f(\varepsilon)$ relevées sur la bobine d'expérience de puissance apparente de 7,2 kVA et isolée pour une tension de 6000 V. La réalisation des expériences nécessitait l'aménagement de deux lignes aériennes, isolées pour 10000 V, et disposées sur cinq pylônes de 8^m de hauteur. L'une d'elles était alimentée par un transformateur triphasé de 115/2500 V, 50 p : s, monté en triangle-étoile, qui lui-même était connecté

avec la bobine à dissonance. La variation de l'intensité du courant était réglée entre 1,5 et 5 A, ceci sous une tension de base de 1440 V.

La ligne sans bobine était alimentée au moyen de trois transformateurs monophasés de 115/5000 V, de puissance unitaire de 3 kVA. Les enroulements haute et basse tension pouvaient à volonté être couplés en triangle-étoile et



vice versa. Une batterie de 40 condensateurs statiques de 5000 V et de 10 μF permettait, grâce aux couplages appropriés, de faire varier les caractéristiques $C\omega$ et $C'\omega$. Les mises à la terre ont été provoquées au moyen de chiffons mouillés abandonnés jusqu'à se consumer par l'action du courant résiduel de terre.

Les résultats expérimentaux consignés sur le diagramme ci-dessus concordent très sensiblement avec les valeurs fournies par la formule que nous venons d'établir; l'analyse des harmoniques donne une bonne répartition sinusoïdale de la tension de ligne, à l'exclusion d'un harmonique d'ordre 21 d'amplitude très faible.

La constatation de l'existence d'une courbe enveloppe γ, qui coupe l'axe des tensions U_b, a une grande importance pratique et doit faciliter considérablement les travaux de bureaux d'études.

SPECTROSCOPIE. — *Détermination dans un jet atomique de durées de vie optiques relativement courtes*. Note de M. **Henri Bruck**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'indique une relation simple entre la fonction $f(x)$ de répartition de la probabilité d'excitation dans un jet (dirigé suivant Ox) et la fonction $I(x)$ de

l'intensité lumineuse permettant d'atteindre des durées de vie relativement courtes. Pour ces dernières, la courbe $I(x)$ de l'intensité lumineuse ne présente qu'une faible déformation par rapport à la courbe $f(x)$. Malgré cela, la méthode ne nécessitera qu'un minimum d'information sur la courbe $f(x)$. Des effets secondaires peuvent modifier la loi $i(t)$ de décroissance du rayonnement atomique, mais pourtant la méthode permettra toujours de déterminer la durée de vie moyenne apparente τ, définie par l'égalité

$$(1) \qquad \tau = \frac{\int_0^\infty t\, i(t)\, dt}{\int_0^\infty i(t)\, dt}.$$

Soit $\bar{u}$ la vitesse moyenne des atomes. C'est aussi la vitesse moyenne des atomes excités seuls. En plus des fonctions $f(x)$ et $I(x)$ déjà mentionnées, on définit encore, comme centre de gravité X_f de l'excitation, le point d'abscisse

$$(2) \qquad X_f = \frac{\int_{-\infty}^\infty x f(x)\, dx}{\int_{-\infty}^\infty f(x)\, dx},$$

et, comme centre de gravité X_I de l'émission, le point d'abscisse

$$(3) \qquad X_I = \frac{\int_{-\infty}^\infty x\, I(x)\, dx}{\int_{-\infty}^\infty I(x)\, dx}.$$

Ceci étant, on peut démontrer [1] la relation

$$(4) \qquad \boxed{X_I - X_f = \bar{u}.\tau.}$$

Elle indique que le déplacement du centre de gravité du domaine d'émission par rapport au centre de gravité du domaine d'excitation est égal au produit de la vitesse moyenne par la durée de vie moyenne. Naturellement, une relation analogue peut être établie dans l'espace à trois dimensions.

Ainsi, à l'aide de (4), on détermine la durée de vie moyenne de l'état lumineux, en ne connaissant que la courbe expérimentale $I(x)$ et l'emplacement, par rapport à celle-ci, du centre de gravité X_f du domaine d'excitation.

---

[1] *Démonstration de la relation* (4). — $f(x_0)$ est la probabilité d'excitation au point x_0 par unité de temps. Ainsi, pour un atome la probabilité d'être excité entre x_0 et $x_0 + dx_0$ est proportionnelle au temps de passage dans ce domaine, c'est-à-dire inversement propor-

On a en effet

(4') $$\tau = \frac{1}{\bar{u}}\left(X_f - \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x\,I(x)\,dx}{\int_{-\infty}^{\infty} I(x)\,dx}\right).$$

Cette relation permettra en particulier de mesurer des durées de vie relativement courtes dans un jet excité dans un petit domaine par choc d'électrons. J'ai décrit par ailleurs [2] un tel dispositif. Dans ce cas, on ignore la forme exacte de la fonction $f(x)$; mais, pour des raisons de symétrie géométrique, $f(x)$ est symétriquement réparti autour de son centre de gravité X_f, dont on peut ainsi connaître l'emplacement.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'aluminiumage à chaud de l'acier.* Note de M. **Michel Alférieff**, présentée par M. Camille Gutton.

Les procédés de métallisation à chaud sont de beaucoup les plus répandus par suite de leur prix de revient peu élevé et de la haute qualité de protection obtenue. Leur haute qualité s'explique par le fait que seuls ces procédés

---

tionnelle à sa vitesse. Si $g(u)$ est la répartition des vitesses atomiques, le nombre d'atomes qui sont excités entre x_0 et $x_0 + dx_0$ est $f(x_0)\,dx_0\,[g(u)/u]\,du$.

Ces atomes réémettent à l'endroit $x = x_0 + x'$ l'énergie proportionnelle à

$$f(x_0)\,dx_0\,\frac{g(u)}{u}\,du\,.\,i\left(t = \frac{x'}{u}\right).$$

Le centre de gravité X_I de l'émission totale provenant de tous les points x_0 et d'atomes de toutes vitesses est

(5) $$X_I = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} dx_0 \int_0^{\infty} du \int_0^{\infty} dx'\,(x_0 + x')\,f(x_0)\,\frac{g(u)}{u}\,i\left(\frac{x'}{u}\right)}{\int_{-\infty}^{\infty} dx_0 \int_0^{\infty} du \int_0^{\infty} dx'\,f(x_0)\,\frac{g(u)}{u}\,i\left(\frac{x'}{u}\right)}.$$

Par le changement de variable

$$x'\,\frac{g(u)}{u}\,i\left(\frac{x'}{u}\right)du\,dx' = ut\,.\,g(u)\,.\,i(t)\,du\,dt,$$

les intégrales triples de (5) se décomposent en produits de trois intégrales simples. On obtient ainsi

$$X_I = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x_0 f(x_0)\,dx_0}{\int_{-\infty}^{\infty} f(x_0)\,dx_0} + \frac{\int_0^{\infty} u\,g(u)\,du}{\int_0^{\infty} g(u)\,du}\,.\,\frac{\int_0^{\infty} t\,i(t)\,dt}{\int_0^{\infty} i(t)\,dt} = X_f + \bar{u}\,.\,\tau.$$

(2) *Publications des Laboratoires de l'E. N. S.*, I, 1942, Paris.

permettent d'obtenir une couche intermédiaire d'un composé de métal de revêtement et de métal de base. Or l'existence de cette couche intermédiaire est la condition essentielle pour l'obtention d'un revêtement adhérent capable de résister aux déformations mécaniques.

En ce qui concerne l'aluminiumage de l'acier, les seules méthodes qui existaient jusqu'à ces derniers temps sont celles par cémentation, par projection ou par placage. La faible extension de ces derniers procédés s'explique par leur prix de revient prohibitif ainsi que par le manque d'adhérence du revêtement obtenu.

Le revêtement d'aluminium déposé à chaud pour la protection rationnelle de l'acier dans les différents milieux corrosifs a été préconisé depuis longtemps, ainsi que le remplacement par ce métal de l'étain, de plus en plus déficient, pour la protection de l'acier destiné par exemple à la fabrication des boîtes à conserves.

Le point de fusion relativement élevé de l'aluminium ainsi que les particularités physiques et chimiques présentées par ce dernier à l'état liquide rendent impossible l'utilisation des procédés usuels pour son application à chaud sur l'acier.

Nous avons pu aluminiumer l'acier à chaud, à grande échelle, en utilisant le procédé dont les points essentiels sont résumés ci-dessous :

1° le traitement thermique de recuit de l'acier préalable à la métallisation est effectué dans une enceinte à atmosphère artificielle dont la composition et l'effet varient suivant les différentes fonctions qu'elle doit remplir au cours du traitement;

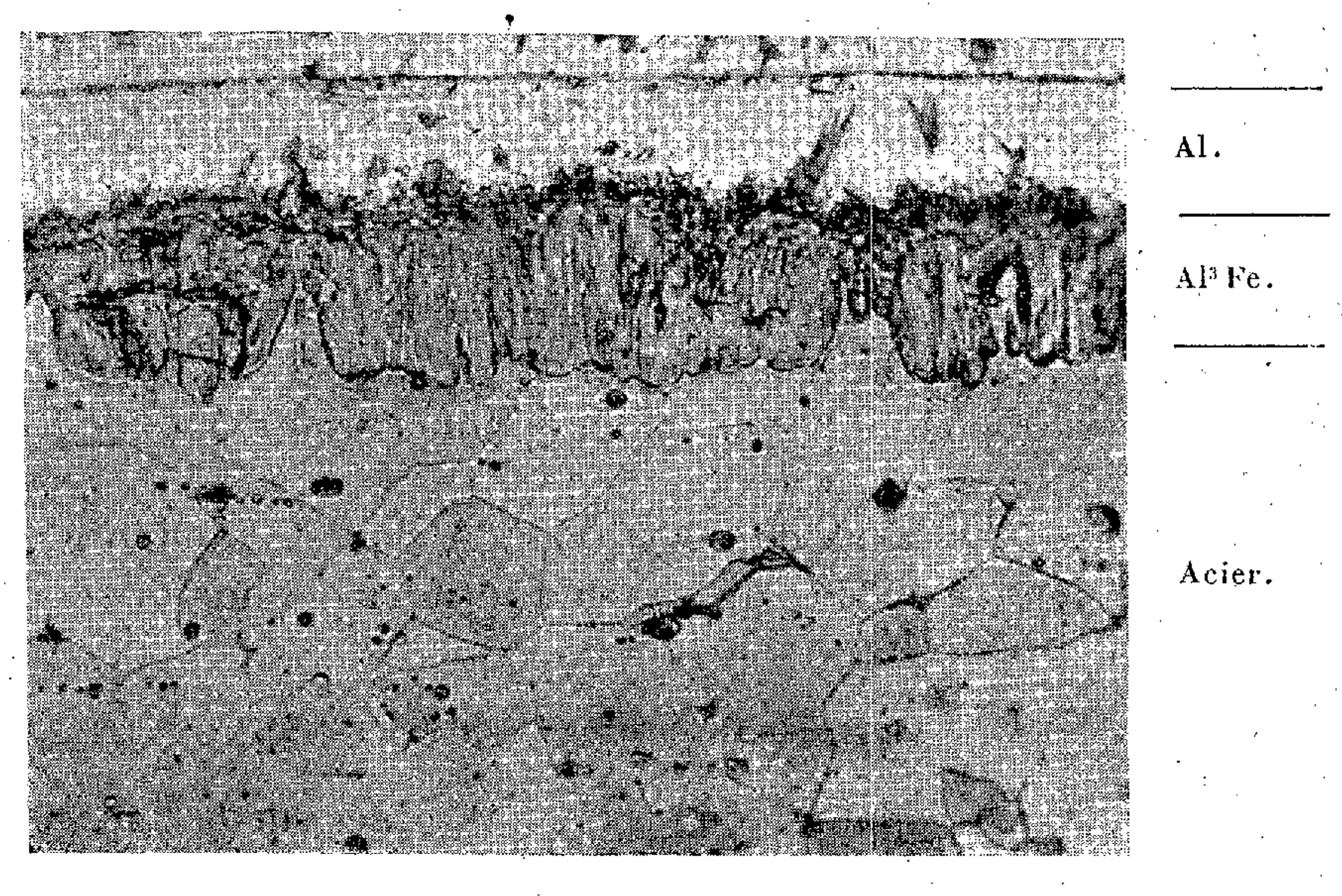
2° en traversant cette enceinte, l'acier est porté et maintenu à la température de recuit, puis il est immergé dans un bain d'aluminium en fusion en le refroidissant, préalablement à son immersion, jusqu'à une température ayant strictement la même valeur que celle du bain;

3° l'acier est traité en présence d'un mélange d'azote et d'hydrogène exempt de vapeur d'eau, qui circule en sens inverse du déplacement de l'acier en cours de traitement, une quantité strictement déterminée de vapeur d'eau et d'hydrogène étant ajoutée à ce mélange avant que l'acier ait commencé à se refroidir pour être immergé dans le bain.

L'atmosphère artificielle ainsi créée, chacun de ses trois composants étant correctement dosé, remplit une fonction oxydante lors du passage de l'acier à travers la zone de montée en température, ce qui facilite cette dernière opération en augmentant le coefficient de rayonnement calorifique de l'acier traité. Cette même atmosphère remplit par contre une fonction réductrice et en même temps décarburante dans la zone de hautes températures, ce qui permet d'obtenir une surface de l'acier métalliquement propre avant son immersion dans le bain. Cette atmosphère remplit enfin une fonction neutre pendant le refroidissement préalable à l'immersion; en outre, la pression

partielle de l'hydrogène étant basse dans cette zone, ceci permet le dégagement de l'hydrogène absorbé par l'acier pendant le traitement et rend pratiquement négligeable l'effet néfaste de l'absorption de ce dernier gaz par l'aluminium en fusion.

Le revêtement obtenu avec le bain d'aluminium pur à 99,5 % est caractérisé



Structure d'un revêtement d'aluminium à chaud, aluminium pur à 99,5 pour 100.
Grossissement : 1000.

par la présence d'une couche intermédiaire de composé Al^3Fe continue et exceptionnellement adhérente.

Il a été constaté que cette couche possède une flexibilité beaucoup plus grande par exemple que celle présentée par les composés de zinc et de fer.

Comme il résulte de l'examen de la micrographie ci-dessus, l'épaisseur de cette couche est relativement grande, ceci malgré le temps d'immersion très court et la température du bain maintenue automatiquement aussi bas que possible.

Ce fait démontre que l'aluminium possède une affinité très grande pour le fer. Il peut être utilisé par conséquent à l'état pur pour le revêtement de l'acier à chaud, le mécanisme de la formation d'un tel revêtement étant analogue à celui de zinc ou d'étain.

Nous croyons avoir prouvé que la seule condition nécessaire et suffisante pour la formation à chaud d'un revêtement d'aluminium sur l'acier est de pouvoir mettre en contact direct une surface d'acier avec de l'aluminium en fusion en l'absence de toute trace d'oxydes ou de tout autre corps étranger.

ÉQUILIBRES CHIMIQUES. — *Sur l'évolution de la tension d'équilibre des composés en cours de fusion, en cas de miscibilité à l'état solide.* Note de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons examiné précédemment la façon dont évolue la tension d'équilibre d'un solide A dissociable en un autre solide A′ et un gaz G, lorsque, la température s'élevant, on atteint, puis dépasse le point d'eutexie du système A, A′ [1]. Nous allons maintenant dire quelques mots du cas où les solides A et A′ forment des cristaux mixtes.

Initialement, le système en question possède deux constituants et deux phases; il est donc bivariant; il devient monovariant lors de l'apparition de liquide, pour redevenir bivariant lorsque tout le solide est fondu. Nous allons voir que la tension d'équilibre du système monovariant varie de façon compliquée avec la température.

Désignons par τ le titre du constituant A dans le liquide mixte supposé idéal. La pression d'équilibre du système entièrement liquide sera donnée par la relation

$$\log p = \log K + n \log \tau - n' \log(1 - \tau), \tag{1}$$

et celle-ci est encore valable pour les points situés sur le liquidus lui-même. Nous obtiendrons donc la loi de variation de la tension d'équilibre du système monovariant en portant dans l'équation (1) les valeurs de τ définies par l'équation du liquidus $\tau = f(T)$. Différentiant, et tenant compte de ce que $d \log K/dT = Q/RT^2$, il vient

$$\frac{d \log p}{dT} = \frac{Q}{RT^2} + \left[\frac{n}{\tau} + \frac{n'}{(1-\tau)}\right]\frac{d\tau}{dT}. \tag{2}$$

Soit α la pente en un point quelconque du liquidus; vu l'orientation des axes (composition en abscisses), $\operatorname{tang}\alpha = -(dT/d\tau)$, d'où en définitive

$$\frac{d \log p}{dT} = \frac{Q}{RT^2} - \left[\frac{n}{\tau} + \frac{n'}{(1-\tau)}\right]\frac{1}{\operatorname{tang}\alpha}. \tag{3}$$

Dans cette équation, Q/RT^2 est toujours positif; quant au second terme, il est du même signe que $\operatorname{tang}\alpha$. Lorsque la température de fusion θ du corps A est supérieure à celle θ' du corps A′, ($\operatorname{tang}\alpha < 0$), $d \log p/dT$ est donc toujours positif : la pression d'équilibre croît constamment lorsque la température s'élève, d'abord très lentement au voisinage de $T = \theta'$, puis de plus en plus rapidement à mesure que l'on se rapproche du point de fusion θ du corps dissociable A.

Quand, au contraire, θ' est supérieur à θ, $\operatorname{tang}\alpha$ est positif et la pente de la

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 549.

courbe $p=f(\mathrm{T})$ dépend de la grandeur relative des deux termes du second membre de l'équation (3). Or, lorsque la température s'élève, le second terme de (3), qui lui aussi est toujours positif, part de $+\infty$, pour $\mathrm{T}=\theta$ ($\tau=1$), décroît, passe par un minimum m, puis croît à nouveau pour revenir à $+\infty$ pour $\mathrm{T}=\theta'$ ($\tau=0$).

En conséquence, si le minimum m est supérieur à Q/RT^2, $d\log p/d\mathrm{T}$ s'annule deux fois et, entre ces deux valeurs, la pente de la courbe est positive; elle est négative partout ailleurs. Lorsque la température s'élève, la pression d'équilibre commence donc par décroître très rapidement (T voisin de θ), passe par un minimum, croît alors pendant un certain temps, atteint un maximum, puis décroît enfin définitivement en tendant vers zéro lorsque T s'approche de θ'. Quand, au contraire, m est inférieur à RT^2, la pression d'équilibre décroît constamment lorsque la température s'élève; enfin, si $m=\mathrm{Q}/\mathrm{RT}^2$, il existe une région de température dans laquelle la pression d'équilibre demeure constante. On voit combien ces phénomènes, dont nous ne connaissons malheureusement aucun exemple, doivent donner lieu à des variations curieuses de la tension d'équilibre en fonction de la température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Avantages de la méthode de la relaxation pour étudier le fluage des métaux aux températures élevées.* Note de MM. **Pierre Chevenard** et **Xavier Waché**, présentée par M. Léon Guillet.

Parmi toutes les méthodes qu'on peut concevoir pour étudier le fluage, c'est-à-dire pour déterminer les relations expérimentales entre les quatre variables, déformation, température, charge et temps, la plus couramment employée est celle de la *viscosité isotherme* : la déformation sous charge et à température constantes est enregistrée en fonction du temps. La présente Note a pour but d'attirer l'attention sur les avantages d'une autre méthode encore peu usitée, celle de *la relaxation*. Une éprouvette, maintenue à température constante, est étirée rapidement, puis conservée sous longueur constante; la tension initiale se relâche peu à peu, et un dispositif approprié en inscrit la variation en fonction du temps.

Dans la machine construite au laboratoire d'Imphy pour mettre en œuvre cette méthode, le barreau d'essai est étiré par un treuil, dont le moteur obéit aux déviations d'un extensomètre sensible chargé d'assurer l'invariabilité de longueur; la force de traction, repérée par la flèche d'un ressort, s'enregistre sur un tambour de chronographe. Pendant l'intervalle de temps dt, l'allongement visqueux qui tend à se produire à la vitesse V est juste compensé par la contraction élastique due à la détente $-d\mathrm{P}$ de la charge P. D'où

$$\mathrm{V}\,dt+\frac{d\mathrm{P}}{\mathrm{E}}=0, \qquad \mathrm{V}=-\frac{1}{\mathrm{E}}\frac{d\mathrm{P}}{dt},$$

E désignant le module de Young. Ainsi la vitesse de fluage s'obtient par dérivation graphique du diagramme (P, t) enregistré.

1° Cette méthode apporte une *réponse directe à certaines questions pratiques* : par exemple, elle permet de prévoir le desserrage progressif des boulons qui réunissent les tronçons d'une tuyauterie de vapeur surchauffée. Il est souvent avantageux de transformer le diagramme par anamorphose en adoptant une échelle logarithmique du temps. Ainsi, dans la figure 1, relative à un ferronickel chromé tenace à chaud, l'échelle des abscisses est proportionnelle à log $(t + 1/2)$, le temps t étant exprimé en heures. On obtient ainsi des courbes, non pas rectilignes, mais *tendues*, susceptibles d'une extrapolation relativement sûre : cette propriété est précieuse pour les applications. Si l'on prolonge une courbe anamorphosée par sa tangente terminale, cette droite passe certainement au-dessous de la courbe vraie, qui tourne sa concavité vers le haut, mais elle s'en écarte peu. On peut ainsi prévoir une limite inférieure de la charge que supportera l'éprouvette et une limite supérieure de la vitesse de fluage correspondante : ainsi la courbe 550° de la figure 1 aura, au point

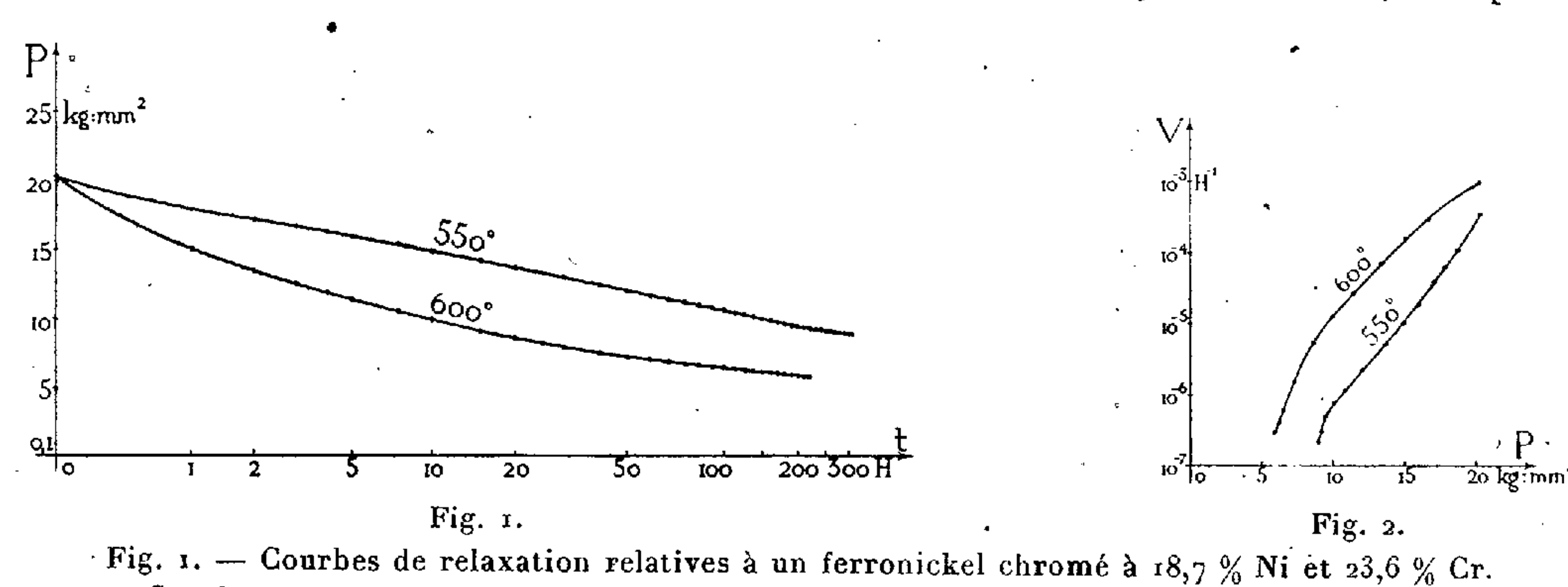


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes de relaxation relatives à un ferronickel chromé à 18,7 % Ni et 23,6 % Cr. Courbes anamorphosées construites à partir des courbes « charge-temps » enregistrées.

Fig. 2. — Variation de la vitesse de fluage V (échelle logarithmique) en fonction de la charge P. Courbes déduites des courbes de la figure 1.

d'abscisse, 1000 heures, une ordonnée un peu supérieure à 7,8 kg/mm² et la vitesse de fluage sera inférieure à 6.10^{-8}/heure.

2° L'essai de relaxation est probablement le meilleur pour *étudier comment varie, à température donnée, la vitesse de fluage* V *en fonction de la charge* P. Si l'on adopte la méthode de la viscosité isotherme en consacrant un barreau à chacune des expériences, les points obtenus sont assez fortement dispersés. Si l'on soumet un même barreau à des essais successifs, la dispersion est moindre, mais le métal se modifie d'une expérience à l'autre. La méthode de la relaxation n'utilise qu'une éprouvette dont le métal se déforme très peu au cours de l'essai. Ainsi, dans les expériences qui ont fourni les courbes (V, P) du diagramme semi-logarithmique de la figure 2, les éprouvettes, dont la longueur initiale est 100^{mm}, ont subi une déformation permanente de 66 μ seulement à 550° et 85 μ à 600°.

Partant de la plus haute charge, ces courbes ont d'abord une allure grossièrement réctiligne : on retrouve ainsi la variation quasi exponentielle de la vitesse de fluage en fonction de la charge, observée par divers auteurs. Mais du côté des faibles charges, les courbes s'incurvent vers le bas. Cette orientation est prévue puisque, avec l'échelle logarithmique des ordonnées, V tend vers — ∞ quand P tend vers zéro; mais le résultat inattendu est le caractère relativement brusque de cette incurvation.

Il faut noter que, du fait de la *réactivité* consécutive à la baisse de la charge, la vitesse V déterminée en un point de la courbe de relaxation est un peu inférieure à la vitesse mesurée par la méthode de la viscosité isotherme, à la même température, sous la même charge et au bout du même temps.

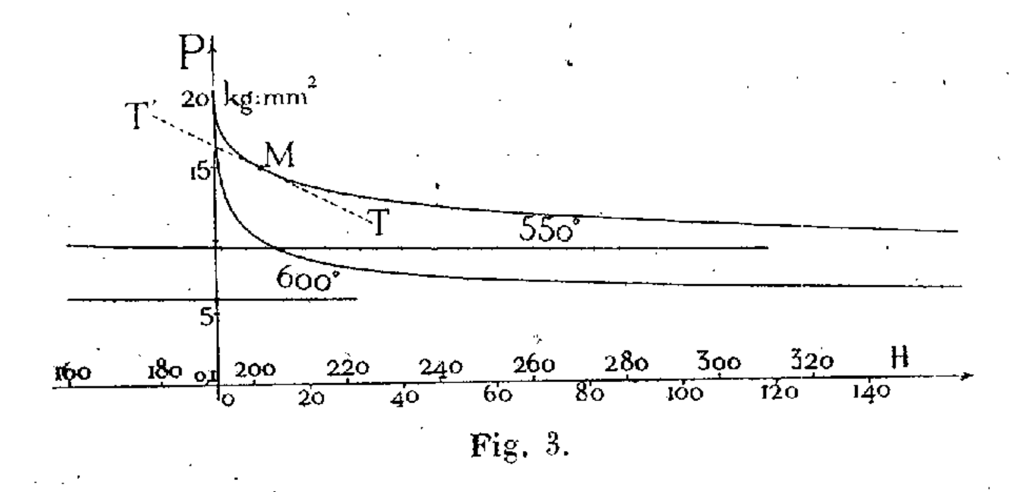


Fig. 3.

3° Toute modification du métal, accompagnée d'un changement de volume, affecte sensiblement l'allure de la courbe de relaxation. Ainsi, la machine se comporte comme un dilatomètre délicat, propre à étudier la transformation d'un barreau sous tension. Or on sait que les contraintes mécaniques ont parfois pour effet d'accélérer les réactions d'instabilité, c'est-à-dire les transformations physicochimiques de revenu (¹) et les modifications d'ordre structural (²). La méthode de la relation paraît donc précieuse pour *étudier la stabilité en service des alliages tenaces à chaud.*

CHIMIE MINÉRALE. — *Réaction à l'état solide entre le sulfure de fer et le sulfure de cuivre, à la température ordinaire.* Note de M. **Hubert Forestier** et Mlle **Jacqueline Longuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons déjà mis en évidence (¹) les possibilités de réactions entre oxydes métalliques à une température ne dépassant pas 100°. Nous abordons, dans la présente Note, le cas des sulfures.

(¹) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 261.

(²) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 877.

(¹) H. Forestier et J. Longuet, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1729; J. Longuet, *ibid.*, **213**, 1941, pp. 485 et 577.

Les corps sur lesquels porte cette étude sont le sulfure de fer FeS et le sulfure de cuivre CuS, dont la combinaison équimoléculaire donne la chalcopyrite $FeCuS^2$.

Ces sulfures ont été préparés par précipitation à la température ordinaire, à partir des chlorures correspondants auxquels on ajoute une solution de sulfure de sodium, en prenant les précautions nécessaires pour éviter l'oxydation.

La méthode utilisée pour suivre la réaction est l'étude des variations de structure cristalline par la méthode de Debye-Scherrer; nous nous sommes référés au diagramme donné par un échantillon naturel de chalcopyrite pulvérisée, dont la structure est quadratique. Les sulfures de fer et de cuivre appartiennent au contraire tous les deux au système hexagonal.

Par précipitation simultanée des deux sulfures à partir d'un mélange en proportions convenables des solutions initiales, puis dessiccation sous vide (en présence d'anhydride phosphorique), nous avons obtenu une poudre noire donnant, par analyse aux rayons X, le diagramme caractéristique de la chalcopyrite, diagramme dont les raies sont assez faibles et assez floues en raison de l'état microstallin. Dans le cas où la dessiccation est précédée par une ébullition dans l'eau, d'une durée de 15 heures environ, le spectre obtenu est le même, mais les raies ont beaucoup gagné en finesse et en intensité.

Dès lors il était intéressant de savoir si cette combinaison très rapide était rendue possible par l'état naissant des sulfures au moment de leur précipitation simultanée, état dans lequel leur activité chimique pouvait être accrue, ou au contraire, si ces corps sont capables de réagir l'un sur l'autre à froid, lorsqu'ils ont été préparés séparément. Nous les avons donc précipités chacun à part, puis mélangés intimement dans leurs solutions. Le mélange ainsi obtenu donne un diagramme flou sur lequel apparaissent quelques raies de la chalcopyrite dues, probablement, à une réaction incomplète; après ébullition, le produit donne un spectrogramme très net de la chalcopyrite, comme dans le cas de la précipitation simultanée.

Les résultats de cette étude montrent la possibilité de réaliser une synthèse de la chalcopyrite dès la température ordinaire, à partir des sulfures correspondants. Ils suggèrent, par ailleurs, un processus de formation, pour la chalcopyrite, dans ses gisements hydrothermaux.

Par conséquent, les réactions en milieux aqueux, dès la température ordinaire, ne sont pas seulement possibles entre oxydes métalliques, mais également entre sulfures. Il y a lieu enfin de remarquer que l'affinité chimique, existant entre les sulfures de fer et de cuivre divalents, semble même supérieure à celle qui existe entre les oxydes des mêmes métaux, qui ne peuvent se combiner rapidement qu'à des températures de l'ordre de 100°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Influence comparée de divers réducteurs sur la désoxydation et l'oxydation du cuivre.* Note de MM. **Albert Portevin**, **Paul Bastien** et **Léon Guillet** fils, présentée par M. Léon Guillet.

La comparaison des divers réducteurs utilisés pour la désoxydation des métaux est présentée en général d'après leur classement selon les chaleurs d'oxydation; en réalité, l'efficacité d'une opération de désoxydation est un problème de cinétique chimique dans lequel interviennent d'autres facteurs influant sur le mécanisme et la vitesse de réaction et dont la considération peut changer complètement les valeurs relatives des désoxydants.

C'est ce que nous nous sommes proposé de montrer en prenant comme exemple la désoxydation du cuivre. Comme les mêmes phénomènes se manifestent également dans l'opération inverse d'oxydation du métal allié à ces réducteurs, nous avons opéré de trois manières différentes : 1° désoxydation du cuivre liquide par les principaux réducteurs utilisés; 2° cémentation, par ces réducteurs, du cuivre oxydé solide; 3° oxydation à l'état liquide du cuivre allié à ces réducteurs.

Les réducteurs expérimentés ont été l'aluminium, le calcium, le cérium, le magnésium, le phosphore, le silicium et le sodium.

1° *Désoxydation du cuivre liquide.* — L'addition des désoxydants était faite dans le cuivre oxydé (1,35 % oxygène) fondu à 1150° avec séjour de 30 minutes à cette température après brassage. Dans ces conditions expérimentales :

Le sodium et le magnésium (ainsi que le cupromagnésium), dont la température d'ébullition dépasse celle d'expérience, donnent une réaction violente avec projections, ce qui n'a pas lieu pour les autres réducteurs expérimentés.

L'aluminium (ainsi que le cuproaluminium), fusible à la température d'expérience, se dissémine dans le métal fondu en particules liquides entourées d'une pellicule d'oxyde résistante formant sac isolant et empêchant la désoxydation qui se limite à une auréole de très faible épaisseur de l'ordre du centième de millimètre.

Le calcium, également fusible, mais qui au contraire apparaît donner un produit oxydé pulvérulent, fournit une très bonne désoxydation avec disparition dans le produit final de l'oxydule Cu^2O eutectique.

Les effets du magnésium et du cérium apparaissent intermédiaires entre les deux précédents.

Le silicium, infusible à la température d'expérience, s'entoure d'une pellicule de silice et remonte à la surface du métal fondu sans désoxyder celui-ci. Le cuprosilicium se comporte d'une manière analogue quoique provoquant une légère désoxydation.

Le cuprophosphore fournit une désoxydation complète et générale, les produits de désoxydation s'éliminant à la température d'expérience (cas

de P^2O^5) ou restant disséminés en globules dans la masse métallique (cas des phosphates).

En résumé, l'efficacité de la réaction est conditionnée par l'état physique, à la température d'expérience, de l'addition et des produits d'oxydation. C'est une extension d'application des principes généraux énoncés par l'un de nous pour la formation des alliages par fusion [1].

2° *Cémentation par divers réducteurs du cuivre oxydé.* — On a choisi, comme éléments diffusants, l'aluminium, le manganèse et le silicium, donnant avec le cuivre des solutions solides assez étendues et, comme température de cémentation, 800°.

L'examen micrographique de la couche cémentée formée dans le cuivre oxydé (1,35 % oxygène) a été fait comparativement à celle obtenue dans les mêmes conditions sur du cuivre désoxydé (0,003 % oxygène).

On constate que la pénétration par diffusion est accompagnée d'une réduction sur place, donnant parfois naissance à des squelettes d'oxyde remplaçant les dendrites de Cu^2O, (cas de Al et de Mn) et, en tout cas, limitée par une barrière de produits d'oxydation, ce qui fait que la profondeur atteinte dans le cuivre oxydé est bien moindre que dans le cuivre désoxydé.

3° *Influence de l'addition de divers réducteurs sur l'oxydation du cuivre fondu.* — On a préparé une série d'alliages du cuivre avec environ 1 % des divers réducteurs expérimentés précédemment (Al, Ca, Mn, P, Si), dont on a étudié comparativement avec du cuivre pur, l'oxydation à l'état fondu dans des creusets plats à large surface en les maintenant à 1150° à l'air pendant des temps variables jusqu'à 6 heures.

L'oxydation a été caractérisée par analyse chimique et par examens macrographique et micrographique sur prélèvement et coupes effectués normalement à la surface oxydée.

Pour les alliages au Ca, Mg et P, dont les produits d'oxydation sont éliminés ou disséminés, on constate, vis-à-vis du cuivre pur, que tout se passe comme si l'élément d'addition produisait un décalage dans le temps des phénomènes d'oxydation. On constate en même temps une perte de l'élément réducteur et une croissance de la teneur en oxygène plus ou moins rapide.

Au contraire, avec Al et Si, il y a formation d'une pellicule imperméable et continue d'oxyde protégeant le métal liquide contre l'oxydation [2], comme cela a lieu à l'état solide, et les teneurs en réducteur et en oxygène varient très lentement.

---

[1] A. Portevin, *Congrès international de fonderie de Londres*, juin 1939.

[2] Cette protection contre l'oxydation à l'état liquide par ces réducteurs avait été suggérée par l'un de nous au *Congrès international des Méthodes d'essais à Londres*, en avril 1937 (A. Portevin, discussion de la Communication Krupkowski, p. 194 des Comptes rendus du Congrès).

Cet ensemble de résultats, obtenus par des voies différentes, confirme le rôle primordial de l'état et des propriétés physiques ([3]) des produits d'oxydation dans les phénomènes de réduction et d'oxydation des métaux, tant à l'état liquide qu'à l'état solide, ce qui a d'évidentes conséquences dans de multiples applications (désoxydation des métaux, protection contre l'oxydation en fonderie et dans les usages à chaud).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un glucosidolipide de la rate.* Note ([1]) de M. **Jacques Polonovski**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les cérébrosides offrent la particularité, qu'ils ne partagent qu'avec le lactose (et les autres sucres du lait), de comporter dans leur molécule du galactose, alors que le sucre physiologique affecte, tant sous sa forme de transport (sucre sanguin) que sous sa forme de réserve (glycogène), la structure du glucose. Le fait d'avoir décelé, au cours de l'analyse d'un fragment de rate, prélevée chez un enfant splénomégalique atteint d'une *maladie de Gaucher*, un isomère de la cérasine, contenant du glucose en place de galactose, nous a incité à rechercher si la maladie de Gaucher n'était pas toujours caractérisée par un tel *cérébroglucoside*, et si ce dérivé n'était pas un constituant normal de la rate (et du tissu réticuloendothélial), qu'une isomérisation secondaire transformerait en galactolipide.

Nous résumerons très brièvement notre technique d'isolement des lipides, inspirée en grande partie de méthodes déjà décrites.

L'organe, fixé dans le formol, et coupé en petits morceaux, fut d'abord déshydraté à la glacière par l'acétone qui entraîne des matières extractibles et des graisses neutres. Le résidu est ensuite extrait au Kumagawa par l'acétone à l'ébullition. De la solution acétonique précipite par refroidissement la majeure partie des cérébrosides accompagnés d'un peu de phosphatides. Après avoir décanté l'acétone, on continue l'extraction dans le même Kumagawa par l'éther bouillant qui s'empare des glycérophosphatides. De l'éther froid on recueille le précipité contenant, outre les cérébrosides, de la sphingomyéline qu'on sépare par dissolution dans un mélange chloroforme 1-méthanol 3. Après plusieurs recristallisations du méthanol-chloroforme, puis du méthanol, le cérébroside est à peu près pur. On en isole encore un peu de l'extraction alcoolique chaude du résidu de rate pulvérisée. Les lipides totaux représentent environ 25 à 30 % du poids sec (soit 6 à 7 % du poids frais) : le tiers en est constitué par le cérébroside.

Ce dernier est blanc, donne avec SO^4H^2 concentré une coloration jaune, puis rouge pourpre; N % 1,74. Soluble à chaud dans l'acétone, le benzène, l'alcool, le chloroforme, l'acide acétique et, à froid, dans la pyridine, il fond

---

([3]) D'où l'intérêt de l'étude des propriétés mécaniques des films d'oxyde formés sur les métaux et alliages fondus (voir. A. Portevin et Bastien, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1072).

([1]) Séance du 19 octobre 1942.

à 185° et possède un pouvoir rotatoire lévogyre ($[\alpha]_D^{14°}$ — 11°,3 dans la pyridine). [La cérasine normale a un pouvoir rotatoire de — 4°,30 et le cérébroside isolé du cerveau (cérasine + phrénosine) en a un encore inférieur, voisin de 0°.] L'hydrolyse par ClH^3n libère 19,8 % d'un ose (calculé en glucose) et une amide soluble dans l'éther chaud, d'où elle cristallise par refroidissement. L'*ose est fermentescible par la levure de bière*, son pouvoir rotatoire correspond à celui du glucose et il donne une phénylosazone insoluble à chaud, fondant à 205° et présentant au microscope l'aspect de la phénylglucosazone. L'amide est dédoublée par saponification en sphingosine et acides gras constitués principalement par l'acide lignocérique (F 80°). Nous nous sommes assuré que les acides étaient bien saturés, en mesurant la quantité d'hydrogène fixée par notre cérébroside. Hydrogénée à 55° dans l'alcool par H^2 en présence de noir de platine, la molécule fixe quantitativement en 30 minutes une molécule d'hydrogène, au niveau de la double liaison de la sphingosine. Le dihydrocérébroside est un corps blanc, un peu moins soluble dans l'acétone, un peu plus dans le chloroforme que le cérébroside initial, il fond vers 188°, $[\alpha]_D^{27°}$ — 2°,6 (dihydrocérasine, F 184°, $[\alpha]_D^{28°}$ + 5°,26). Hydrolysé par ClH $3n$, il libère une molécule de glucose et une nouvelle amide, la lignocéryldihydrosphingosine, que nous avons saponifiée en acide lignocérique et dihydrosphingosine caractérisée par son bromhydrate (F 260°).

Le cérébroside en dépôt dans la rate était donc un isomère de la cérasine, une glucosidocéramide.

Ce résultat rejoint quatre observations ayant déjà donné lieu à un essai de caractérisation du sucre isolé de cérébrosides de rates de Gaucher. R. Hazard et Lardé ([2]) (1934) obtiennent par hydrolyse du cérébroside de leur échantillon de rate de Gaucher du glucose (phénylglucosazone). En 1940, Halliday ([3]) et ses collaborateurs signalent également que la cérasine qu'ils isolent d'une maladie de Gaucher ne contient que du glucose. Depuis le début de notre propre travail, E. Klenk ([4]) caractérise ce même sucre dans deux échantillons de rates. Seuls, H. Lieb et O. Klercker ([5]) (1927) concluent à la présence de galactose, mais la description que ce dernier donne de l'osazone de son sucre nous paraît coïncider plutôt avec la phénylglucosazone. Quant à H. Lieb ([6]), qui identifiait dans un premier travail (1924) le galactoside par le point de fusion (200°?) de la phénylgalactosazone, il affirmait en 1941 la nature galactosidique du cérébroside de la rate de Klercker par la seule

---

([2]) H. AGHION, *Thèse*, Paris, 1934.

([3]) N. H. HALLIDAY, H. J. DEUEL, L. J. TRAGERMAN et W. E. WARD, *J. of Biol. Chem.*, **132**, 1940, p. 171.

([4]) *Zeits. für Physiol. Chem.*, **267**, 1941, p. 130.

([5]) O. KLERCKER, *Acta Paediatrica* (Uppsala), **6**, 1927, p. 302.

([6]) *Zeits. für Physiol. Chem.*, **140**, 1924, p. 305; **271**, 1941, p. 211.

absence de fermentescibilité. Mais nous avons pu reconnaître que le résultat négatif de l'épreuve de fermentation pouvait être dû à la présence de sel en concentration élevée (résultant de la neutralisation de l'acide utilisé pour l'hydrolyse du cérébroside). D'ailleurs cette cérasine possède un pouvoir rotatoire ($[\alpha]_D^{15°}$ — 9°,03) supérieur à celui de la cérasine du cerveau et son insolubilité dans l'acétone aqueuse à chaud la distingue aussi de celle-ci. Rien ne nous empêche donc de conclure, tant de nos propres investigations que de l'étude critique de tous les cas publiés, que le cérébroside en dépôt anormal dans les splénomégalies de Gaucher est un cérébroglucoside. Peut-être en est-il de même de la cérasine de la rate normale que E. Walz ([7]) est parvenu à isoler de la rate du bœuf (0,3 % du poids sec), cérébroside qu'il identifia avec la cérasine du cerveau malgré son pouvoir rotatoire plus élevé ($[\alpha]_D^{15°}$ — 9°,12), car si le galactose y fut caractérisé par le point de fusion de sa méthylphénylhydrazone, nous croyons qu'il faut attribuer cette dernière à l'hydrolyse de petites quantités de cérébrogalactosides (substance X ou autre) accompagnant la glucosidocéramide.

GÉOLOGIE. — *Constitution et puissance de la série primaire de l'Anti-Atlas.* Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

Reposant en discordance sur un socle précambrien ([1]), le Géorgien de l'Anti-Atlas débute par un complexe de conglomérats, grès et laves, comportant des coulées, brèches et tufs rhyolitiques, andésitiques et basaltiques. Cette série continentale, que nous avons appelée avec L. Neltner ([2]) *série inférieure*, et au sein de laquelle nous avons signalé des discordances locales, offre une épaisseur très variable allant de zéro à plusieurs centaines de mètres.

Dans cette Note, il va être question de la série primaire marine, qui débute par la transgression géorgienne et recouvre indistinctement tantôt le socle précambrien, tantôt les différents termes du complexe de conglomérats et laves précité. L'étude détaillée de cette série a été commencée en 1939, pour le compte de la Mission Hydrogéologique du Sud. Plusieurs coupes au tachéomètre ont été effectuées en compagnie de M. Vergerio. Elles permettent d'établir, d'une façon précise, la puissance des différents termes du Cambrien et du Silurien. Ces puissances sont sujettes à des variations latérales importantes; aussi les chiffres indiqués ici ne s'appliquent-ils qu'à la région où les coupes ont été levées, c'est-à-dire à la partie Sud de l'Anti-Atlas, Bou-Azzer, Tata et Ktaoua (coude du Draa).

([7]) *Zeits. für Physiol. Chem.*, 166, 1927, p. 220.

([1]) *Notes et Mém. du Serv. des Mines et de la Carte géol. du Maroc*, n° 42, 1938.

([2]) G. Choubert et L. Nelther, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 10, 1938, p. 168.

La transgression venue de l'Ouest commence par une série peu épaisse, comportant à la base de 0 à 20^{m} de calcaires surmontés de 50 à 75^{m} de schistes verts. Elle n'atteint pas l'Anti-Atlas central et s'arrête un peu à l'Est d'Irherm. Au delà, la transgression commence directement par les calcaires géorgiens et comprend les termes suivants :

	Bou-Azzer flanc N.	Bou-Azzer flanc S.	Tata.	Ktaoua.
Géorgien.				
Calcaires inférieurs..................	155	105	300	–
Schistes violets.....................	285	280	475	–
Calcaires supérieurs.................	70	70	215	–
Série schisto-calcaire................	110	120	390	–
Schistes à *Protolenus*...............	75	70	105	–
Grès de passage à l'Acadien..........	170	170	150	–
Total................	865	815	1805	–
Acadien.				
Schistes des feijas internes...........	900	975	710	–
Grès de passage à l'Ordovicien........	120	140	100	–
Total................	1020	1115	810	–
Ordovicien.				
Schistes des feijas externes...........	–	–	1160	–
Quartzites du Bani (1er Bani).........	–	–	285	250
Schistes du Ktaoua..................	–	–		360
Quartzites du Beni-Selmane (2e Bani).	–	–		175
Total................	–	–	1445^{m}	env. 2000^{m}

Autrement dit le Cambrien marin totalise 2000 à 2600^{m}, et l'Ordovicien environ 2000^{m} de sédiments.

La puissance des termes suivants, n'ayant jamais donné lieu à des mesures précises, est fort difficile à fixer; mais il est intéressant d'en indiquer l'évaluation approximative. Ils comportent la série suivante :

a. Schistes noirs à Graptolithes du *Gothlandien,* suivis de schistes verts probablement déjà *dévoniens,* de 700 à 1000^{m}. Un repère commode est fourni vers le milieu de cette série par quelques bancs calcaires à Orthocères.

b. Série de passage du *Dévonien inférieur* au *Dévonien moyen* (zone à *Sp. cultrijugatus*) se composant de deux barres gréseuses séparées par une série de schistes et quelques bancs calcaires à Spirifer et Polypiers à la base et au sommet : 200 à 300^{m}.

c. Série essentiellement schisteuse du *Dévonien moyen* et *supérieur* à Goniatites [3], de 500 à 1000^{m}.

d. *Grès struniens* du Tazout, 100 à 200^{m}.

e. *Schistes tournaisiens,* entre 300 et 500^{m}.

f. *Calcaires et grès viséens* de l'Ouarkziz, 500-600^{m}.

g. *Série westphalienne* gréso-schisteuse du synclinal de Tindouf, recouverte par la Hammada du Dra, et d'une puissance certainement supérieure à 1000^{m}.

---

[3] Découverte récente de N. Menchikoff.

La puissance totale de la série primaire du Sud-Marocain, depuis la base du Géorgien marin jusqu'à celle du Wesphalien, serait donc de l'ordre de 7000 à 8000^{m}.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la dédifférenciation des chromoplastes du parenchyme libérien de Carotte en cultures de tissus.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons décrit un mode de dédifférenciation des chromoplastes du parenchyme libérien de Carotte par résorption du carotène à leur intérieur [1]. Nos observations ultérieures ont montré que ce mode n'est pas exclusif.

A. Les cellules du parenchyme normal renferment de gros amyloplastes contenant chacun un où plusieurs grains d'amidon, simples ou composés; la plupart élaborent des cristallites de carotène, le plus souvent un seul. Au début de la dédifférenciation, le corps du plaste, distendu autour des éléments qu'il a élaborés, se ramasse, décoiffant partiellement certains d'entre eux; l'amidon est assez rapidement digéré, et le plaste ne porte bientôt plus que le ou les cristallites de carotène. Il arrive souvent que le plaste se résolve directement en mitochondries, en courts bâtonnets ou en longs chondriocontes, selon le degré de cohésion des parties du plaste en voie de condensation. Les longs chondriocontes présentent alors des formes d'abord compliquées, très ramifiées, évoquant l'armature du plaste originel et laissant voir la forme du cristallite en voie de détachement. Ces formes se simplifient bientôt pour donner des chondriocontes normaux. On obtient des cellules renfermant de très nombreux chondriocontes flexueux, par opposition avec les cellules normales qui en renferment peu, fait confirmé nettement par l'observation vitale. Ces chondriocontes se segmenteront par la suite en chondriosomes de plus en plus courts.

B. Dans d'autres cas, après résorption de l'amidon, il reste un plaste volumineux, dont la substance se ramasse progressivement, et qui peut évoluer diversement :

1° Il peut se détacher du cristallite abandonné dans le cytoplasme où il reste tel quel. Le plaste se dédifférencie comme un amyloplaste normal; il prend une forme de gros bâtonnet, de fuseau ou de massue dont la taille diminue par suite de divisions par étranglements; il se forme ainsi des petits plastes, sphériques ou en courts bâtonnets, qui arrivent à se confondre avec le chondriome indifférencié.

2° Il peut coiffer plus ou moins partiellement le cristallite, ce qui lui conserve une forme compliquée, mais ces relations ne sont plus qu'une question de connivence; le cristallite reste inchangé tandis que le plaste se dédifférencie

[1] *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 634-636.

comme dans le cas précédent, ses divisions libérant alors de petits plastes dans le cytoplasme.

3° Le plaste peut avoir conservé le cristallite entièrement enrobé à l'intérieur de sa substance. Il se peut alors que le plaste se dédifférencie suivant les modes précédents, mais beaucoup plus tard et localement, dans les régions où se produisent les îlots de tissus néoformés d'où naissent les méristèmes radiculaires. Le corps du plaste semble alors se régénérer autour du cristallite. Il se segmente en éléments plus petits, sphériques ou en courts bâtonnets, qui ont parfois d'emblée la taille des chondriosomes ou qui, d'abord plus gros, s'en distinguent un moment. Ces éléments se séparent plus ou moins tôt du cristallite.

Enfin le chromoplaste peut se dédifférencier en gardant le cristallite, ce qui a chance d'arriver lorsque le cristallite est petit; le carotène est alors désintégré dans le plaste et transformé en produits incolores (observation vitale). De tels plastes conservent un moment une réfringence plus grande que les autres et peuvent se colorer légèrement par le Noir Soudan B, mais ils deviennent bientôt indistincts.

Le fait que les plastes en voie de régression prennent parfois le Soudan et sont particulièrement réfringents nous fait penser qu'ils résorbent leur carotène après dissolution dans des lipides, d'où la perte des formes cristallines signalée dans la Note précédente (¹) et l'apparence amorphe de certains chromoplastes. Nous avons d'ailleurs observé fréquemment qu'au cours de la régression des chromoplastes, le carotène passe en solution dans les gouttelettes lipidiques du cytoplasme.

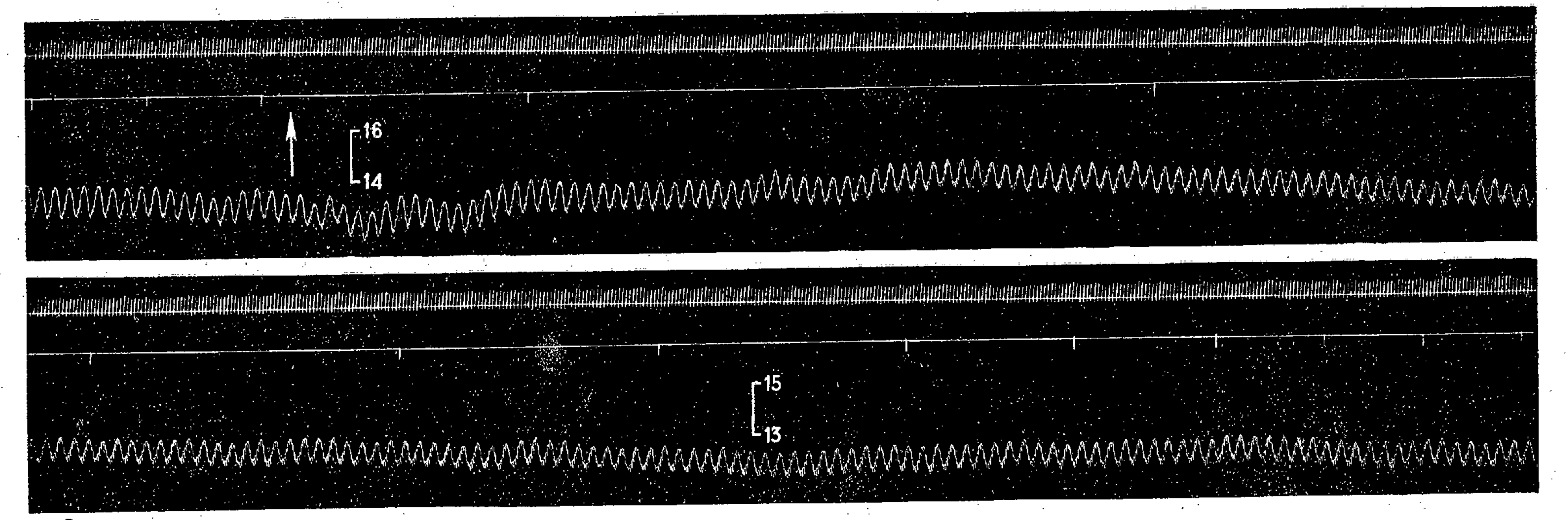
PHARMACODYNAMIE. — *Mise en évidence de l'action vasoconstrictive directe et périphérique du venin desséché de* Bufo Bufo Bufo. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La méthode pléthysmographique nous a précédemment permis de déceler l'action constrictive que le venin du Crapaud commun exerce sur les vaisseaux des viscères, tout au moins sur ceux de la rate et du rein (¹). Afin de savoir si cette action s'étend aux vaisseaux des membres, nous avons eu recours à la technique de Schilf par nous modifiée (²), laquelle permet non seulement d'enregistrer les effets d'un poison sur les vaisseaux d'un territoire déterminé, mais encore de s'assurer que ces effets sont à la fois directs et périphériques.

Nous avons pu ainsi constater que l'écoulement sanguin de la veine fémorale diminue fortement et durablement quand on fait pénétrer une solution de

(¹) Raymond-Hamet et R. Dufau, *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, pp. 420 et 491.

(²) *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, **168**, 1932, p. 233.



Expérience du 8 juin 1942. — Chien ratier à poils ras, de 8kg,500, anesthésié par le chloralose (14cg par kg), bivagotomisé au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre son sang incoagulable, une injection intraveineuse de 80mg de polyanétholsulfonate de sodium (Liquoïde Roche). 1re et 4e lignes : temps en secondes; 2e et 5e lignes : modifications de l'écoulement de la veine fémorale de la patte postérieure gauche, enregistrées au moyen d'un compteur de débit du type Condon; 3e et 6e lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. — Au point marqué par la flèche, on a injecté, dans une ramification de l'artère fémorale de la patte postérieure gauche, 2mg de venin desséché de *Bufo Bufo Bufo* dissous dans 2cm³ de soluté physiologique de chlorure de sodium. — Tracés réduits des 2/3; le tracé inférieur (4e, 5e et 6e lignes) étant la suite immédiate du tracé supérieur (1re, 2e et 3e lignes).

venin desséché de *Bufo Bufo Bufo* dans l'artère fémorale correspondante. On peut voir sur le tracé ci-joint que, sous l'effet de 2^{mg} de ce venin, et alors que la pression carotidienne n'a subi que des modifications très peu marquées, l'écoulement de la veine fémorale a diminué aussitôt et est devenu, lors de sa réduction maximale apparente, plus de cinq fois moins abondant qu'initialement, puis a lentement retrouvé son débit antérieur qu'il a même finalement dépassé légèrement pendant quelque temps.

Il convient de noter que l'action vasoconstrictive directe et périphérique du venin de Crapaud commun est beaucoup plus marquée et plus durable que celle de la bufoténine ([3]), qui en est cependant l'un des constituants les plus actifs.

PARASITOLOGIE. — *Sur les facteurs déterminant l'apparition des pièges chez les Hyphomycètes prédateurs de Nématodes.* Note de MM. **Robert Deschiens** et **Louis Lamy**, présentée par M. Émile Roubaud.

É. Roubaud et R. Deschiens ont montré ([1]) que la formation des dispositifs capteurs chez les Hyphomycètes prédateurs de Nématodes se présentait comme une réaction générale de ces organismes vis-à-vis de substances ou d'agents biologiques d'origine animale et bactérienne, très répandus dans la nature.

Les liquides organiques ou les extraits de tissus d'origine animale, indiqués comme donnant lieu à l'apparition de dispositifs capteurs, c'est-à-dire à une réaction positive, par É. Roubaud et R. Deschiens, sont le sérum humain, les sérums de certains Mammifères, l'urine humaine, les matières fécales de l'Homme et de certains Mammifères; les extraits aqueux d'Invertébrés, Insectes, Nématodes, Annélides, Cestodes, Trématodes. Certaines espèces bactériennes donnent également une réaction positive.

Nous avons recherché si des produits ou des extraits de produits d'origine végétale étaient capables de déterminer, chez les Hyphomycètes prédateurs, l'apparition d'organes capteurs; nous avons en outre étendu nos prospections à des extraits de tissus d'origine animale non étudiés jusqu'alors; les résultats que nous avons enregistrés sont l'objet de la présente Note.

Les extraits aqueux que nous avons éprouvés ont été obtenus par macération de deux heures d'un poids constant (5^g) de produit étudié, dans une quantité constante d'eau distillée (45^g); ces extraits ont été utilisés purs, ou dilués au 1/10, au 1/100, au 1/1000. Les extraits, filtrés sur bougies de porcelaine de Chamberland, étaient bactériologiquement stériles.

Des carrés de gélose de 1^{cm} environ de côté, chargés d'hyphes de champi-

---

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1414.

([1]) *Comptes rendus*, 209, 1937, p. 77.

gnons prédateurs, ont été placés aseptiquement dans des verres de montre contenant les extraits à éprouver, ces verres de montre étant eux-mêmes disposés dans des boîtes de Petri. Pour assurer des conditions rigoureuses de stérilité, et pour éviter la contamination des boîtes de Petri par des bactéries susceptibles de donner des réactions positives, nous avons fait une épreuve supplémentaire avec des tubes à essai fermés au coton et capuchonnés. Les dispositifs réalisés ont été laissés à la température de 20 à 25° pendant 5 jours; le 5e jour, nous avons contrôlé le caractère positif ou négatif de la réaction.

La mesure de l'intensité des réactions positives a été établie, au microscope, par la numération des dipositifs capteurs apparus après 5 jours sur 1^{mm^2} de surface. L'intensité de la réaction est exprimée par le nombre moyen des pièges au millimètre carré, dénombrés sur dix champs.

Les résultats que nous avons obtenus, en prenant pour réactif une culture de *Dactylella bembicodes* Grove, sont indiqués ci-dessous. A titre de terme de comparaison, signalons que l'intensité de la réaction provoquée par un extrait-étalon au 1/10 d'une Annélide, *Lumbricus rubellus*, est de 15 pièges par millimètre carré, après 5 jours d'épreuve.

Les extraits végétaux suivants, purs ou dilués au 1/10, au 1/100, au 1/1000, ont constamment donné, après 5 jours d'épreuve, une réaction de capture négative : tubercules de Pommes de terre, partie terminale de jeunes tiges d'Asperges, feuilles et tubercules de Radis, feuilles de salade, racines de Carottes, graines de Haricots, feuilles de Chou, tiges et racines de Bégonia, coléoptiles d'Avoine, grains d'Orge décortiqués.

Nous avons complété les recherches de É. Roubaud et R. Deschiens sur les extraits d'origine animale. Les extraits suivants, que nous avons étudiés, ont donné, au 5e jour, une réaction positive dont l'intensité est indiquée ci-après :

	Sérum.	Poumon.	Reins.	Cœur.	Muscles.	Rate.	Foie.	Testicules.
Cobaye, au 1/10....	14	9	9	8	7	6	0	0
au 1/100..	10	20	8	8	0	0	1,5	0,3
Cheval, au 1/10...	8	–	–	–	–	–	–	–
au 1/10...	0,9	–	–	–	–	–	–	–

Extrait total d'escargot (*Helix pomatia*), au 1/10 8, au 1/100 0;
» de sangsue (*Hirudo officinalis*), à jeun, au 1/100 0,5.

Nous avons observé une réaction positive après 5 jours de contact de *D. bembicodes* avec les cultures de deux organismes monocellulaires, un Flagellé, *Euglena gracilis* (souche H. Dusi) [intensité de la réaction, 0,2] et un Champignon levuriforme, *Cryptococcus pararamosus* (souche Castellani) [intensité de la réaction, 0,5]. Un témoin indiquait, pour chacune de ces souches, que les milieux de culture du Microorganisme vis-à-vis du Champignon étaient par eux-mêmes inactifs.

Certaines Bactéries donnent une réaction positive; d'autres au contraire ne provoquent pas de réaction.

Pour résumer les faits acquis dans l'ordre de l'étude des facteurs conditionnant l'apparition des organes capteurs chez les Champignons prédateurs de Nématodes, on peut donc dire que les extraits aqueux d'origine animale mis en contact, dans des conditions appropriées, avec *D. bembicodes*, donnent une réaction positive généralement forte (0,5 à 20); par opposition, les extraits aqueux d'origine végétale ne provoquent pas de réaction dans les mêmes conditions. Deux organismes monocellulaires en culture pure, un Flagellé et un Champignon, ont déclenché des réactions positives.

Le ou les facteurs de différenciation des organites capteurs de *D. bembicodes*, présents dans les produits d'origine animale, chez certains Protozoaires et chez certaines Bactéries, non constatés présentement dans les tissus végétaux, agissent quantitativement, même à très faibles doses. C'est ainsi par exemple qu'une dilution au 1/1000 de sérum de Cobaye donne encore une réaction positive avec *D. bembicodes*. Les facteurs étudiés sont thermostables; ils résistent plus d'une heure et demie à 120°. Ils ne sont pas entièrement détruits par l'alcool éthylique et par l'alcool méthylique; leur identification est l'objet de nos recherches actuelles.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 NOVEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** adresse ampliation des arrêtés, en date du 11 novembre 1942, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Emmanuel de Martonne** pour occuper dans la Section de Géographie et Navigation la place vacante par le décès de M. *E. Fichot*, et de M. **Louis Fage** pour occuper dans la Section d'Anatomie et Zoologie la place vacante par le décès de M. *P. Marchal*.

Il est donné lecture de ces arrêtés.

Sur l'invitation de M. le **Président**, MM. **Emmanuel de Martonne** et **Louis Fage** prennent place parmi leurs Confrères.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un fascicule des *Mélanges bryologiques et lichénologiques* contenant un Mémoire posthume de M. **Louis Trabut**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, intitulé *Flore des Hépatiques de l'Afrique du Nord*, publié par M. Pierre Allorge, à l'aide d'une subvention de l'Académie (*Fonds Loutreuil*).

M. **Henri Colin** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre *Les Glucides du Topinambour*.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité de 43 suffrages, MM. **A. Caquot**, **P. Montel**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **Ch. Mauguin**, **P. Lebeau**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **G. Charpy**, **L. Guillet**, pour la Section des Applications de la science à l'industrie, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, présentera une liste de candidats à la place vacante dans cette Section par le décès de M. *M. Laubeuf*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Exposés annuels de Biochimie médicale, publiés sous la direction de Michel Polonovski. Troisième série par MM. Henri Bénard, André Boivin, Paul Boulanger, Sotirios B. Briskas, Ch.-O. Guillaumin, Max-Fernand Jayle, Michel Machebœuf, Michel Polonovski, Jean Roche, Charles Sannié et Daniel Santenoise (présenté par M. M. Javillier).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions plurisousharmoniques.* Note [1] de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

I. Nous avons appelé [2] *plurisousharmonique* dans un domaine D de l'espace C^n des n variables complexes $z_1, \ldots, z_n$ $(z_k = x_k + iy_k)$, une fonction V(M) qui, en chaque point M de D, prend une valeur finie ou égale à $-\infty$, finie en un point au moins de D, et qui, de plus, satisfait dans D à l'une des conditions suivantes :

A. Sur les plans analytiques à une dimension complexe, V(M) est une fonction sousharmonique ou est identique à $-\infty$.

B. V(M) est semi-continue supérieurement et sa moyenne $A(V, M, \gamma)$ prise sur un polycercle γ de centre $M(z_k^0)$ défini par n inégalités

$$\left|\sum_j \mathfrak{a}_{kj}(z_j - z_j^0)\right| \leq r_k \qquad (r_k > 0)$$

(déterminant des $\mathfrak{a}_{kj}$ non nul), donne lieu à l'inégalité

$$V(M) \leqq A(V, M, \gamma) \qquad (1)$$

pour tout polycercle γ contenu dans D, de rayons r_k positifs.

L'ensemble des fonctions plurisousharmoniques bornées supérieurement n'est pas fermé, comme le montre l'étude des suites convergentes; par contre l'ensemble plus général des fonctions U(M) satisfaisant à (1), sommables sur tout ensemble mesurable de D sans être nécessairement semi-continues, contient ses fonctions limites de suites bornées. Nous appellerons *presque plurisousharmoniques* ces fonctions U(M); pour $n = 1$, elles se réduisent aux fonctions introduites par Szpilrajn. Les fonctions presque plurisousharmoniques jouissent de la propriété suivante : il existe une fonction plurisousharmonique V(M) telle que l'on ait $U(M) \leqq V(M)$ dans D, l'ensemble

(1) Séance du 3 novembre 1942.

(2) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 398.

$U(M) < V(M)$ étant de mesure $2n$ dimensionnelle nulle; $V(M)$ est encore la régularisée supérieure de $U(M)$.

L'étude des suites des fonctions plurisousharmoniques se fait alors très simplement :

1° La limite d'une suite non croissante de fonctions plurisousharmoniques bornées inférieurement en un point de D est une fonction plurisousharmonique. Il en est de même d'une suite qui converge uniformément vers sa limite.

2° La limite d'une suite non décroissante de fonctions plurisousharmoniques bornées supérieurement est presque plurisousharmonique. La limite d'une suite convergente bornée supérieurement est presque plurisousharmonique ou est la constante $-\infty$.

3° Si V_n est une suite de fonctions plurisousharmoniques, $V = \max V_n$ est plurisousharmonique si la suite ne comporte qu'un nombre fini de fonctions; dans le cas contraire V est presque plurisousharmonique, si la suite est bornée supérieurement; il en est de même de la fonction $U = \limsup_{n=\infty} V_n$.

4° Si $f(t, M)$ borné supérieurement est pour t fixé une fonction plurisousharmonique de M ou la constante $-\infty$, et est pour M fixé une fonction semi-continue supérieurement de t, l'intégrale définie par rapport à t est presque plurisousharmonique ou vaut $-\infty$. En particulier la moyenne $A(V, M, \gamma)$ est une fonction plurisousharmonique continue, ayant des dérivées premières bornées dans un domaine intérieur à D.

II. Si $F(z_1, \ldots, z_n)$ est une fonction holomorphe dans D, $\log|F(z_1, \ldots, z_n)|$ est plurisousharmonique; il en est de même de $\log M(z_1, \ldots, z_p; r_{p+1}, \ldots, r_n)$, logarithme du maximum de $|F|$ pour $z_1, \ldots, z_p$ fixés, et $z_k = r_k e^{i\theta_k}$, $(p+1 \leq k \leq n$, $0 \leq \theta_k < 2\pi)$, de même encore de la moyenne de $\log|F|$ sur cette variété supposée contenue dans D. Un exemple de fonction presque plurisousharmonique est fourni par la fonction $U(M) = \limsup_{p=\infty} (1/p) \log|F_p(M)|$, qui intervient dans l'étude des séries de Hartogs, $F_p(M)$ étant une suite de fonctions holomorphes dans D.

III. Pour qu'une fonction pourvue de dérivées secondes soit plurisousharmonique, il faut et il suffit, d'après A, que la forme réelle

$$\Phi = \sum_{p,q} s_{pq} t_p \overline{t_q},$$

où l'on a

$$s_{pq} = \frac{\partial^2 V}{\partial z_p \, \partial \overline{z}_q}, \qquad \overline{z}_p = x_p - iy_p, \qquad s_{pq} = \overline{s_{qp}},$$

soit définie positive, donc que soient vérifiées les $[n(n+1)]/2$ inégalités

(C) $$s_{pp} \geq 0, \qquad s_{pp} s_{qq} - |s_{pq}|^2 \geq 0.$$

La moyenne itérée une fois $A_2(V, M, \gamma)$ d'une fonction plurisousharmonique possède des dérivées secondes. On obtient ainsi une nouvelle définition :

L'ensemble des fonctions plurisousharmoniques se compose des fonctions V *possédant des dérivées premières et secondes satisfaisant au système* (C), *et des limites de suites non croissantes de telles fonctions.*

Voici deux conséquences importantes : La trace d'une fonction plurisousharmonique sur une variété analytique à une dimension complexe est une fonction sousharmonique. *Le caractère plurisousharmonique d'une fonction est invariant par une transformation pseudo-conforme.*

Conservons le nom de *pluriharmonique* à une fonction V(M) partie réelle d'une fonction holomorphe : pour que V(M) soit pluriharmonique, il faut et il suffit que V(M) et — V(M) soient simultanément plurisousharmoniques. Le système (C), où l'on prendra les signes d'égalité, en donne les conditions nécessaires et suffisantes $s_{pp}=0$, $s_{pq}=0$, soient n^2 équations en termes réels. On retrouve ainsi les conditions de plurisousharmonicité données par H. Poincaré.

CINÉMATIQUE NEWTONIENNE. — *Composition des dérivées pour un tenseur euclidien d'un champ relatif.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Albert Caquot.

La présente Note a pour objet une extension, à un tenseur euclidien d'ordr quelconque, des formules de composition des vitesses et des accélérations pour un vecteur euclidien. Elle concerne une géométrie à trois dimensions, quand les axes relatifs de coordonnées sont animés, par rapport aux axes absolus, d'une rotation de projections (p, q, r) sur les axes relatifs.

J'utilise, pour écrire les formules en question, la matrice antisymétrique du second ordre

$$\overline{\overline{\Omega}}=\begin{Vmatrix} 0 & -r & q \\ r & 0 & -q \\ -q & p & 0 \end{Vmatrix}$$

qui, avec les notations habituelles des produits dits *scalaires* ou *intérieurs*, permet, pour un vecteur $(\overline{V})$, de traduire respectivement les formules de composition des vitesses et de Coriolis par les égalités

$$\left(\frac{d\overline{V}}{dt}\right)_a=\left(\frac{d\overline{V}}{dt}\right)_r+(\overline{\overline{\Omega}}.\overline{V}),$$

$$\left(\frac{d^2\overline{V}}{dt^2}\right)_a=\left(\frac{d^2\overline{V}}{dt^2}\right)_r+\left[\frac{d\overline{\overline{\Omega}}}{dt}.\overline{V}+\overline{\overline{\overline{\Omega}.\overline{\Omega}}}.\overline{V}\right]+2\left[\overline{\overline{\Omega}}.\left(\frac{d\overline{V}}{dt}\right)_r\right].$$

Convenons, si (T) représente un tenseur d'ordre (n), de désigner par $[\overline{T}^{(i)}]$, avec (i) variant de (1) à (n), les (n) matrices du premier ordre ayant pour coordonnées respectives les trois termes obtenus à partir des coordonnées du tenseur (T) où on laisse les indices de coordonnées fixes sauf l'indice (i);

les trois valeurs (1, 2, 3) de ce dernier indice donnent les trois coordonnées de $[\overline{T}^{(i)}]$.

Avec cette notation les deux propositions suivantes généralisent les formules précédentes relatives au vecteur :

Première proposition. — *Composition des dérivées premières pour un tenseur.* — La dérivée première absolue $(dT/dt)_a$ d'un tenseur (T) d'ordre (n) est égale à sa dérivée première relative $(dT/dt)_r$, plus sa dérivée première d'entraînement, dont l'expression est $\left[\sum_{(i)} \overline{\overline{\Omega}}.\overline{T}^{(i)}\right]$, (i) variant de (1) à (n).

Deuxième proposition. — *Composition des dérivées secondes ou généralisation du théorème de Coriolis pour les tenseurs.* — La dérivée seconde absolue $(d^2T/dt^2)_a$ d'un tenseur (T) d'ordre (n) est égale à sa dérivée seconde relative $(d^2T/dt^2)_r$, plus sa dérivée seconde d'entraînement, plus sa dérivée seconde complémentaire. La dérivée seconde d'entraînement a pour expression

$$\sum_{(i)} \frac{d\overline{\overline{\Omega}}}{dt}.\overline{T}^{(i)} + \sum_{(i)(j)} \overline{\overline{\Omega}}.[\overline{\overline{\Omega}}.\overline{T}^{(i)}]^{(j)} \qquad [(i) \text{ et } (j) \text{ variant de } (1) \text{ à } (n)].$$

La dérivée seconde complémentaire, ou terme de Coriolis, a pour expression

$$2\sum_{(i)} \overline{\overline{\Omega}}.\left|\frac{d\overline{T}^{(i)}}{dt}\right|_r \qquad [(i) \text{ variant de } (1) \text{ à } (n)].$$

Corollaire. — *Cas particulier d'un tenseur du second ordre de matrice notée* $\overline{\overline{T}}$. — Dans ce cas particulier, la formule de composition des vitesses s'écrit

$$\left(\frac{d\overline{\overline{T}}}{dt}\right)_a = \left(\frac{d\overline{\overline{T}}}{dt}\right)_r + [\overline{\overline{\Omega}.\overline{T}} - \overline{\overline{T}.\overline{\Omega}}]$$

et la formule de Coriolis

$$\left(\frac{d^2T}{dt^2}\right)_a = \left(\frac{d^2T}{dt^2}\right)_r + \left[\frac{d\overline{\overline{\Omega}}}{dt}.\overline{\overline{T}} - \overline{\overline{T}}.\frac{d\overline{\overline{\Omega}}}{dt} + \overline{\overline{\Omega}.\overline{\Omega}.\overline{T}} - 2\overline{\overline{\Omega}.\overline{T}.\overline{\Omega}} + \overline{\overline{T}.\overline{\Omega}.\overline{\Omega}}\right]$$
$$+ 2\left[\overline{\overline{\Omega}}.\left(\frac{d\overline{\overline{T}}}{dt}\right)_r - \left(\frac{d\overline{\overline{T}}}{dt}\right)_r \overline{\overline{\Omega}}\right],$$

le symbole $(\overline{\overline{T}}.\overline{\overline{\Theta}})$ désignant la multiplication, dite *scalaire* ou *intérieure*, de la matrice $\overline{\overline{T}}$ par la matrice $\overline{\overline{\Theta}}$.

Ces deux dernières formules trouvent leur application en mécanique des milieux continus déformables.

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur en France pendant l'année* 1941 (2[e] série). Note de M. **Raoul Goudey**, présentée par M. Georges Perrier.

Le tableau suivant donne les valeurs de l'intensité de la pesanteur en un certain nombre de stations entourant le dôme de la Grésigne, situé à l'Est de Montauban et au Nord-Ouest d'Albi.

Les indications données dans une Note précédente sont valables pour celle-ci.

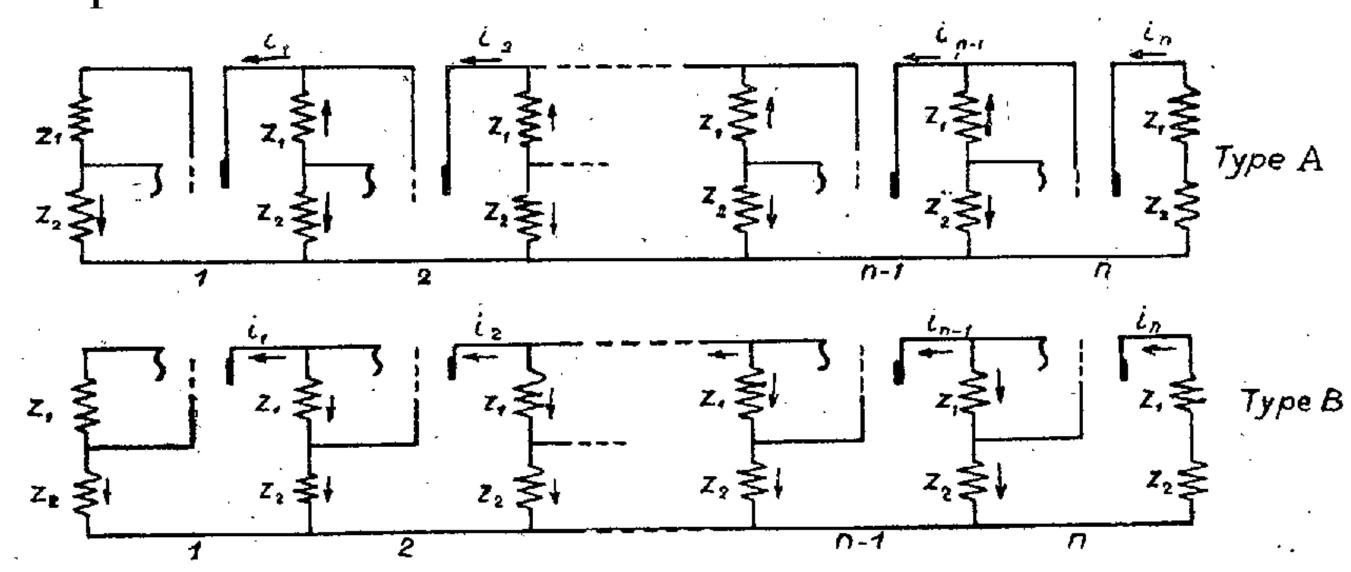
Mesures de l'intensité de la pesanteur faites avec les pendules Holweck-Lejay n[os] 518 et 651.

Date. 1941.	Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g observé.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	g_1-g_2.
		° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals
29 sept.	*Toulouse*	1 27,8 E	43 36,7	196	980,437	980,497	980,475	980,504	— 7	—29	0
30 »	Rabastens	1 43,4	49,5	127	480	519	505	523	— 4	—18	+ 1
30 »	L'Isle-sur-Tarn	1 48,7	51,1	126	486	525	511	526	— 1	—15	— 2
30 »	*Gaillac*	1 53,0	53,8	141	490	534	518	530	+ 4	—12	— 2
1 oct.	Le Mas de Boyer	1 52,7	56,6	188	484	542	521	534	+ 8	—13	— 3
1 oct.	*Castelnau-Montmiral*	1 49,1 E	43 58,0	290	980,461	980,551	980,518	980,536	+15	—18	— 1
1 »	Le Verdier	1 50,4	49,2	199	488	549	527	538	+11	—11	+ 1
1 »	Saint-Beauzile	1 49,7	44 1,1	275	475	560	529	541	+19	—12	— 2
2 »	*Vaour*	1 48,1	4,1	**426**	454	585	537	545	+40	— 8	— 4
3 »	*Saint-Michel-de-Vax*	1 47,8	6,3	**286**	484	572	540	549	+23	— 9	— 5
3 oct.	Saint-Antonin	1 45,3 E	44 9,0	130	980,520	980,560	980,545	980,553	+ 7	— 8	— 2
4 »	Septfonds	1 37,0	10,7	174	519	573	553	555	+18	— 2	0
4 »	*Caussade*	1 32,2	9,8	115	519	554	541	554	0	—13	— 2
4 »	Saint-Cirq	1 36,2	8,8	174	511	565	545	552	+13	— 7	0
5 »	Réalville	1 28,6	6,8	112	511	546	533	549	— 3	—16	— 2
6 oct.	Bioule	1 32,4 E	44 5,3	94	980,513	980,542	980,531	980,547	— 5	—16	— 2
6 »	St-Étienne-de-Tulmont	1 27,7	3,0	109	498	532	520	544	—12	—24	+ 1
7 »	Montauban	1 20,7	0,8	85	500	526	517	540	—14	—23	— 1
7 »	Fonneuve	1 23,9	3,7	97	501	531	520	545	—14	—25	+ 4
7 »	Albias	1 27,0	5,5	90	513	541	531	547	— 6	—16	0
10 oct.	Léojac	1 25,9 E	44 0,8	121	980,493	980,530	980,517	980,540	—10	—23	— 1
11 »	Puycelci	1 42,5	43 59,6	**296**	472	563	530	539	+24	— 9	+ 3
11 »	Larroque	1 41,2	44 0,3	**152**	504	551	534	540	+11	— 6	+ 1
13 »	Revel	1 35,2	3,0	**151**	505	552	535	544	+ 8	— 9	— 1
13 »	Bruniquel	1 39,9	3,5	154	508	556	539	544	+12	— 5	0
13 oct.	Saint-Paul-de-Mamiac	1 43,3 E	44 3,7	**360**	980,465	980,576	980,536	980,545	+31	— 9	+ 1
14 »	*Vaour*	–	–	–	454	585	537	545	+40	— 8	— 1
14 »	*Saint-Michel-de-Vax*	–	–	–	485	573	541	549	+24	— 8	0
14 »	La Grande-Baraque	1 45,9	1,2	273	477	561	531	541	+20	—10	+ 1
14 »	Sainte-Cécile-du-Cayrou	1 47,7	0,4	308	468	563	529	540	+23	—11	0
15 oct.	*Castelnau-Montmiral*	–	–	–	980,464	980,554	980,521	980,536	+18	—15	+ 2
15 »	*Gaillac*	–	–	–	493	537	521	530	+ 7	— 9	+ 2
15 »	Marssac	2 1,7 E	43 54,9	151	500	547	530	531	+16	— 1	+ 4
15 »	*Albi*	2 8,5	55,6	175	498	552	532	533	+19	— 1	+ 4
16 »	Castelnau-de-Lévis	2 5,0	56,5	190	499	558	537	534	+24	+ 3	+ 3
16 oct.	Bernac	2 1,4 E	43 57,4	185	980,495	980,552	980,531	980,535	+17	— 4	— 2
16 »	Cestayrols	1 59,1	58,8	248	479	556	528	537	+19	— 9	+ 2
17 »	Cahuzac-sur-Vère	1 54,5	59,0	211	481	546	522	538	+ 8	—16	— 2
17 »	Senouillac	1 57,0	56,5	219	476	544	519	534	+10	—15	+ 1
17 »	Vieux	1 52,4	59,6	190	489	549	528	539	+10	—11	0

Date. 1941.	Station.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g observé.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	g_1-g_2.
		° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals
18 oct.	Donnazac	1 56,7 E	44 0,8	299	980,466	980,558	980,525	980,540	+18	—15	— 1
18 »	Noailles	1 59,0	0,5	246	482	558	530	540	+18	—10	+ 3
18 »	Cordes	1 57,0	3,6	286	472	560	528	545	+15	—17	+ 1
19 »	*Laguépie*	1 58,8	8,8	158	507	556	538	552	+ 4	—14	— 1
20 »	Varen	1 53,6	9,5	150	510	556	539	553	+ 3	—14	+ 3
20 oct.	Milhars	1 52,9 E	44 7,6	147	980,511	980,556	980,540	980,551	+ 5	—11	+ 2
20 »	Mouzieys	1 55,9	5,6	310	473	569	534	548	+21	—14	+ 1
21 »	*Tonnac*	1 52,0	3,8	**350**	466	574	535	545	+29	—10	— 1
21 »	Alos	1 52,4	1,4	**240**	485	559	532	541	+18	— 9	+ 1
23 »	*Gaillac*	–	–	–	491	535	519	530	+ 5	—11	0
24 oct.	Salvagnac	1 41,2 E	43 54,4	238	980,471	980,545	980,518	980,531	+14	—13	0
24 »	Saint-Angel	1 39,3	54,8	167	489	541	522	531	+10	— 9	— 6
25 »	Saint-Jean-de-Cénespe	1 38,6	56,2	219	476	544	519	533	+11	—14	— 2
25 »	Monclar-de-Quercy	1 37,0	58,0	197	483	544	522	536	+ 8	—14	— 5
25 »	La Sauzière	1 38,7	58,1	181	491	547	527	536	+11	— 9	0
27 oct.	Saint-Martin-Cesquière	1 41,6 E	43 55,4	216	980,480	980,545	980,521	980,532	+13	—11	0
27 »	Saint-Martin-Lespinas	1 46,8	58,2	167	492	544	525	536	+ 8	—11	— 2
27 »	Lacapelle	1 44,2	57,5	197	490	551	529	535	+16	— 6	— 5
28 »	Beauvais	1 34,2	54,5	142	485	529	513	531	— 2	—18	— 3
28 »	Villemur	1 30,3	52,0	99	485	516	505	527	—11	—22	— 1
29 »	*Toulouse*	–	–	–	980,436	–	–	–	–	–	+ 3

ÉLECTRICITÉ. — *Application de la fonction* U_n *de Lucas au calcul des fréquences propres d'ensembles de circuits couplés comportant des relais électroniques.* Note de MM. **Maurice Parodi** et **François Raymond**, présentée par M. Aimé Cotton.

Considéronsles deux montages A et B figurés ci-dessous, comportant n lampes identiques, supposées utilisées dans la partie rectiligne de leurs caractéristiques.



Désignons respectivement par ρ et k la résistance intérieure et le coefficient d'amplification de chaque lampe; en supposant négligeable le courant de grille, les équations électriques de chaque système s'écrivent, pour le montage A :

$$\left\{\begin{array}{l} -i_1(Z_1+2Z_2+\rho)+Z_2 i_2=0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ (Z_2-kZ_1)i_{l-1}-(Z_1+2Z_2+\rho)i_l+Z_2 i_{l+1}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ (Z_2-kZ_1)i_{n-1}-(Z_1+2Z_2+\rho)i_n=0; \end{array}\right.$$

pour le montage B :

$$\left\{\begin{array}{l} -[kZ_1+2(Z_1+Z_2)+\rho]i_1+(Z_1+Z_2)i_2=0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ (kZ_1+Z_1+Z_2)i_{l-1}-[kZ_1+2(Z_1+Z_2)+\rho]i_l+(Z_1+Z_2)i_{l+1}=0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ (kZ_1+Z_1+Z_2)i_{n-1}-[kZ_1+2(Z_1+Z_2)+\rho]i_n=0. \end{array}\right.$$

Posons pour le premier système d'équations

$$x=-\frac{Z_1+2Z_2+\rho}{Z_2}, \qquad z=\frac{Z_2-kZ_1}{Z_2},$$

et pour le second

$$x=-\frac{kZ_1+2(Z_1+Z_2)+\rho}{Z_1+Z_2}, \qquad z=\frac{kZ_1+Z_1+Z_2}{Z_1+Z_2}.$$

Les deux systèmes précédents se ramènent alors à un même système de n équations linéaires et homogènes, dont la condition de compatibilité s'écrit

$$U_{n+1}=\begin{vmatrix} x & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ z & x & 1 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & z & x & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ . & . & . & \ldots & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & z & x & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & z & x \end{vmatrix}=0,$$

le déterminant étant d'ordre n.

Il est facile de vérifier que U_{n+1} est la fonction fondamentale de E. Lucas [1] et qu'en posant

$$x=2\sqrt{z}\cos\varphi,$$

on a

$$U_{n+1}(x, z)=z^{\frac{n}{2}}\frac{\sin(n+1)\varphi}{\sin\varphi}.$$

Laissant de côté la condition $z=0$, il est clair que les solutions de l'équation considérée sont données par la relation

$$\sin(n+1)\varphi=0.$$

Les racines de $U_{n+1}=0$ ont donc la forme générale

$$x_m=2\sqrt{z_m}\cos\frac{m\pi}{n+1} \qquad (m=1, 2, \ldots, n).$$

Comme x et z sont fonction de la pulsation ω_m du courant par l'intermédiaire de Z_1 et Z_2, la détermination des fréquences propres est immédiate.

---

(1) *Théorie des Nombres*, Paris, 1891, p. 308.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques du fer inclus dans les charbons actifs.* Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons déjà signalé (¹) que le fer contenu dans les matières organiques pouvait être décelé et dosé par une méthode magnétique, dans les résidus de calcination de ces matières.

Nous avons montré également, qu'au fur et à mesure de cette calcination, le fer, magnétiquement dissimulé dans la matière organique, manifestait peu à peu sa présence par la croissance du coefficient d'aimantation de l'ensemble, qui atteignait à la fin la valeur constante de $10^6\chi = +69000$, lorsque tout le carbone avait disparu. On était alors en présence d'un oxyde ferrique rhomboédrique.

Les charbons actifs provenant de la carbonisation de coques de noix de coco, suivie d'une activation en milieu oxydant, devraient, d'après ce qui précède, laisser entrevoir la présence du fer dans leur masse, puisqu'ils se trouvent dans l'état intermédiaire entre une substance organique et son résidu de calcination.

Nous avons entrepris une étude magnétique de ces charbons, qui nous a déjà donné quelques résultats publiés ici-même (²).

Si l'on passe en revue les corps qui accompagnent le carbone dans le charbon, et si l'on évalue l'influence qu'ils peuvent avoir sur la valeur du coefficient d'aimantation de ce dernier, par leur proportion et leurs propriétés magnétiques, on voit aussitôt que, seul, le fer est capable de le faire varier dans de larges limites (de $-0,500$ à $+69000$). Le carbone en effet est diamagnétique, avec un coefficient d'aimantation $10^6\chi = -0,500$.

Si le fer est à l'état d'oxyde ferrique dans le charbon activé en milieu oxydant, et si cet oxyde a le coefficient d'aimantation $10^6\chi = +69000$, une proportion de 7 millionièmes d'oxyde ferrique dans le charbon doit suffire pour le rendre magnétiquement neutre, toute teneur supérieure lui conférant des propriétés paramagnétiques.

Mais, nous l'avons vu, cette valeur énorme du coefficient d'aimantation n'est atteinte que lorsque le carbone a pratiquement disparu. Ce n'est pas le cas ici. Il faut donc s'attendre à une valeur plus faible pour le coefficient d'aimantation de l'oxyde ferrique et, par suite, le paramagnétisme de l'ensemble ne doit apparaître que pour des teneurs en oxyde nettement supérieures à 7 millionièmes.

C'est bien ce que l'expérience nous a montré en faisant apparaître toutefois un autre phénomène, le rôle joué par l'air.

Dès que nous avons entrepris expérimentalement cette étude, nous avons dû

(¹) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 911.
(²) *Ibid.*, **214**, 1942, p. 823; *ibid.*, **215**, 1942, p. 18.

surmonter une difficulté que nous avions d'ailleurs prévue. Souvent, en prenant quelques décigrammes de charbon actif en grains, et en les soumettant au champ de la balance magnétique de Curie et Chéneveau, le tube contenant le charbon était attiré avec une telle violence par l'aimant que toute mesure devenait impossible. Il y avait donc des grains de charbon trop magnétiques, dont il convenait de se débarrasser. Nous avons alors trié les grains en les soumettant à l'action d'un fort aimant, et nous avons mis de côté les grains trop magnétiques, que nous étudierons plus tard. Le reste a été soumis aux mesures magnétiques et au dosage chimique du fer par la méthode au cupferron. Cinq échantillons ont été examinés. Les trois premiers étaient constitués par du charbon en grains, le quatrième par un charbon de même origine, mais pulvérisé, et le cinquième enfin, était du charbon de noix de coco, que nous avons préparé nous-même sans l'activer. Ils ont donné les résultats du tableau suivant : $10^6\chi_C$ est le coefficient d'aimantation du charbon noyé dans l'eau, c'est-à-dire débarrassé de l'air que l'eau est capable de déplacer; $10^6\chi_F$ est le coefficient d'aimantation de l'oxyde ferrique accompagnant le charbon, calculé d'après les résultats de la deuxième colonne et la proportion d'oxyde ferrique O^3Fe^2 % figurant dans la troisième.

Échantillon de charbon.	$10^6\chi_C$.	O^3Fe^2 %.	$10^6\chi_F$.
1. Granulé activé...............	+1,508	0,0105	+19123
2. » activé...............	+1,834	0,0114	+20473
3. » activé...............	+1,742	0,0152	+14743
4. Pulvérisé activé..............	+5,087	0,0132	+42325
5. Granulé non activé..........	−0,157	0,0021	+15380

A l'examen de ce tableau, on voit d'abord que la teneur en fer est partout du même ordre de grandeur, sauf dans le cas du charbon non activé qui contient encore dans ses pores des goudrons provenant du bois initial, et ne s'éliminant qu'en cours d'activation.

En second lieu, le charbon pulvérisé, bien qu'ayant une teneur en fer légèrement inférieure à celle du charbon granulé n° 3, est cependant plus paramagnétique que lui. Ceci provient sans aucun doute de l'accroissement de la surface libre du charbon résultant de la pulvérisation, accroissement qui augmente du même coup la quantité d'air retenue par le charbon, même après immersion dans l'eau. Donc le coefficient d'aimantation de l'oxyde ferrique trouvé pour ce charbon est certainement fonction des dimensions de ses particules, et de l'air qui l'enrobe. Rien ne laissait supposer jusqu'ici une semblable influence de l'air.

Enfin on voit que notre prévision se réalise : le coefficient d'aimantation de l'oxyde ferrique existant dans le charbon actif est grand, mais inférieur à $+69000$. Son ordre de grandeur, calculé pour le charbon non activé contenant le minimum d'air adsorbé, est $10^6\chi = +15000$.

Il nous paraît intéressant de signaler dès à présent toute la généralité de l'évolution du magnétisme du fer contenu dans une matière organique en cours de calcination; cette évolution, observée jusqu'ici en milieu réducteur, persiste en effet lorsque le charbon est soumis à une activation en milieu oxydant.

OPTIQUE. — *Utilisation de formules approchées pour l'étude photométrique des anneaux à l'infini des lames semi-argentées.* Note de M. **Jean Roig**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Un étalon de Fabry et Perot, à lames parfaitement planes et parallèles, éclairé par une radiation rigoureusement monochromatique, donne des anneaux à l'infini dont l'intensité lumineuse J en chaque point est déterminée par la relation (1), si l'ordre d'interférence est égal à un nombre entier n augmenté de la fraction $\gamma/2\pi$ $(-\pi < \gamma < \pi)$,

$$(1) \qquad J = \frac{1}{1 + 4a\sin^2\gamma/2}, \qquad a = \frac{f}{(1-f)^2} \qquad (f, \text{ pouvoir réflecteur}).$$

P.-Michel Duffieux [1] a développé une méthode générale de calcul basée sur la représentation de J par une série harmonique et l'utilisation d'un analyseur harmonique. On peut essayer d'autre part de remplacer la formule (1) par des expressions approchées. Bürger et Van Cittert [2], ont posé

$$(3) \qquad J = \frac{1}{1 + a\gamma^2}.$$

L'approximation n'est légitime que pour de faibles valeurs de γ; la formule (3) n'est utilisable que pour des pouvoirs réflecteurs élevés, car J est alors une fonction rapidement décroissante de γ.

Or on peut obtenir, quel que soit γ, une approximation satisfaisante en utilisant l'expression (3) et superposant les ordres d'interférence successifs. Si n est un entier positif, négatif ou nul, posons

$$(4) \qquad J^* = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} \frac{1}{1 + a(\gamma - 2n\pi)^2}.$$

L'intensité lumineuse dans les anneaux pour une raie monochromatique peut dès lors être entièrement décrite par la formule (1) relative à l'ensemble des anneaux ou par la formule (3) relative à un anneau isolé; il faudra de plus, dans ce dernier cas, tenir compte de l'empiètement des ordres successifs. Posons

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{4a}, \qquad X = \frac{\gamma}{2}, \qquad -\frac{\pi}{2} < Z < \frac{\pi}{2},$$

---

[1] *Revue d'Optique*, 18, 1939, p. 1.
[2] *Zeits. für Phys.*, 44, 1927, p. 58.

f est généralement voisin de 1; ε^2 sera petit par rapport à 1. On a

(5) $$J(\varepsilon, Z) = \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2 + \sin^2 Z},$$

(6) $$J^*(\varepsilon, Z) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2 + (Z - n\pi)^2}.$$

J et J^* ont pour période $Z = \pi$, sont maxima pour $Z = 0$, minima pour $Z = \pi/2$. Comme il s'agit d'intensité lumineuse, seules importent les variations relatives des fonctions; on pourra multiplier J par un facteur constant, nous prendrons

(7) $$J'(\varepsilon, Z) = \left(1 + \frac{\varepsilon^2}{3}\right) \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2 + \sin^2 Z}.$$

Montrons que J' et J^* diffèrent de quantités négligeables, quel que soit Z. Posons

$$P(Z, \varepsilon) = J' - J^*, \qquad R(Z, \varepsilon) = \frac{J' - J^*}{J}.$$

II. *a. Calcul de* $J^*(Z, \varepsilon)$. — Si k est un entier différent de zéro, on peut écrire ([3])

$$\cot Z = \frac{1}{Z} + \sum_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{1}{Z - k\pi} + \frac{1}{k\pi} \right].$$

Le terme général de la série J^* peut être mis sous la forme

$$\pi_n = \frac{\varepsilon}{2i} \left\{ \left[\frac{1}{Z + i\varepsilon - n\pi} - \frac{1}{n\pi} \right] - \left[\frac{1}{(Z - i\varepsilon) - n\pi} - \frac{1}{n\pi} \right] \right\}.$$

Par suite

$$J^*(Z, \varepsilon) = \frac{\varepsilon}{2i} [\cot(Z + i\varepsilon) - \cot(Z - i\varepsilon)] = \frac{\varepsilon}{2} \frac{\operatorname{sh} 2\varepsilon}{\sin^2 Z + \operatorname{sh}^2 \varepsilon},$$

(9) $$J^*(Z, \varepsilon) \sim \frac{\varepsilon^2 (1 + 2\varepsilon^2/3)}{(\sin^2 Z + \varepsilon^2) + \varepsilon^4/3} \sim J' + \frac{\varepsilon^2}{3} J(1 - J).$$

b. Écart relatif. — $R(Z, \varepsilon) = -(1 - J)\varepsilon^2/3$.

J est toujours compris entre 0 et 1. R *est au plus* $\varepsilon^2/3$ *en valeur absolue*. On a généralement pour un étalon $f > 0,8$, par suite $\varepsilon^2 < 1/80$, $|R| < 4.10^{-3}$.

c. Écart absolu. — $P(Z, \varepsilon) = -J(1 - J)\varepsilon^2/3$.

P est nul pour $Z = 0$ ou $Z = \pi/2$, maximum en valeur pour $J = 1/2$.

La fonction est donc toujours comprise entre 0 *et* $-\varepsilon^2/12$.

Dans l'exemple précédent, pour $f < 0,80$, $|P| < 10^{-3}$. Les mesures d'intensité comportent une erreur absolue qui est environ 1 % de l'intensité maxima ([4]). L'écart entre J^* et J' est donc nettement inférieur aux erreurs de mesure.

M. Durin a contribué à la mise au point de ce travail.

([3]) Goursat, *Cours d'Analyse Mathématique*, 4e éd., paragr. 315, p. 165.

([4]) Roig, *Thèse*, Paris, 1937, p. 35.

RAYONS X. — *Spectres* L *et niveaux caractéristiques de l'or.*
Note [1] de Mlle **Yvette Cauchois.**

Au cours des dernières années, j'ai refait des mesures de précision sur les spectres L des éléments de numéro atomique 83, 82, 81, 80 et 78. J'ai voulu combler la lacune que constituait l'or (79), dans la systématique des niveaux atomiques profonds et des niveaux les plus extérieurs que je m'efforce d'établir avec la rigueur que permettent les procédés expérimentaux modernes.

De même que dans mes Notes sur Pb [2] et Tl [3], je dois réserver momentanément la question des raies faibles et satellites et des émissions dues aux niveaux O_I et $N_{VI,VII}$.

La mesure du spectre d'absorption, faite sur Au métallique, est rendue difficile par la largeur intrinsèque des discontinuités dans ce cas. Comme pour les éléments voisins, Tl et surtout Pb, et plus encore, j'obtiens pour les longueurs d'onde relatives au maximum de contraste des discontinuités, relevé sur les clichés originaux, des valeurs plus élevées que pour celles des points d'inflexion des courbes microphotométriques respectives. J'ai conservé les nombres fournis par les microphotogrammes, ainsi qu'il est d'usage. La fréquence moyenne pour L_{III} est alors en bon accord avec celles mesurées par d'autres auteurs sur les courbes d'ionisation données par des spectromètres à deux cristaux. Je n'ai pu faire apparaître, ni sur L_{III}, ni sur L_{II}, la raie blanche qui devrait être présente si la règle de Veldkamp ne comporte pas d'exception et si le processus d'absorption met bien en jeu le niveau d'aboutissement P_I, ce qui semblait le plus probable. Ce fait pose de nouveau la question de la validité de la règle empirique de Veldkamp, ou soulève alternativement quelques problèmes intéressants sur les niveaux extérieurs de l'or et leur rôle dans ces mécanismes.

TABLEAU I.

Émission.	λ u.x.	ν/R.	Émission.	λ u.x.	ν/R.
L_I M_{II} β_4...	1104,28	825,22	L_{II} M_I η....	1200,31	759,19
$M_{III}\beta_3$...	1065,66	855,12	$M_{IV}\beta_1$...	1081,38	842,69
$M_{IV}\beta_{10}$..	1025,78	888,37	N_I γ_5...	953,67	955,54
M_V β_9...	1018,54	894,68	$N_{IV}\gamma_1$...	924,61	985,57
N_{II} γ_2...	902,53	1009,68	$O_{IV}\gamma_6$...	901,17	1011,21
$N_{III}\gamma_3$...	896,06	1016,97	$L_{III}M_I$ l....	1456,69	625,57
O_{II} γ'_4...	866,44	1051,74	$M_{IV}\alpha_2$...	1285,17	709,06
$O_{III}\gamma_4$...	865,30	1053,12	M_V α_1...	1273,82	715,38
			N_I β_6...	1108,69	821,93
			N_{IV} β_{15}..	1069,68	851,91
			N_V β_2...	1068,05	853,21
			$O_{IV,V}\beta_5$..	1038,32	877,64

(1) Séance du 9 novembre 1942.
(2) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 135.
(3) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 413.

TABLEAU II.

Absorption.	λ u. x. Mesures antérieures d'après Siegbahn et autres. (1).	(2).	(3).	λ u. x.	ν/R.
L_I......	860,9; 861,3; **862,2**	–	861,3	**861,6$_3$**	**1037,6$_1$**
L_{II}.....	899,6; 901,1; **900,6**	–	900,3	**900,7$_4$**	**1011,6$_9$**
L_{III}.....	1038,6; – ; **1038,2**	1037,8	1037,7	**1037,8$_4$**	**878,0$_4$**

(1) M. SIEGBAHN, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*.
(2) H. SEMAT, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 688.
(3) F. K. RICHTMYER, S. W. BARNES et E. RAMBERG, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 843.

TABLEAU III.

Niveau...	K	L_I	L_{II}	L_{III}	M_I	M_{II}	M_{III}	M_{IV}	M_V
ν/R......	5945,7	1057,3$_5$	1011,6$_7$	**878,0$_4$**	252,4$_8$	232,1$_3$	202,2$_3$	168,9$_8$	162,6$_6$
Niveau...	N_I	N_{II}	N_{III}	N_{IV}	N_V	O_{II}	O_{III}	$O_{IV,V}$	
ν/R......	56,1$_2$	47,6$_7$	40,3$_8$	26,1$_4$	24,8$_3$	5,6$_1$	4,2$_3$	0,4$_0$	

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isooxindigo.*
Note de M. **PAUL CHOVIN**, présentée par M. Marcel Delépine.

Parmi les synthèses des corps connus sous le nom de colorants de Pechmann, il en est une ([1]) qui, par extension, a pu conduire à l'obtention d'un corps orangé, isomère de l'oxindigo ([2]). Elle consiste à condenser l'acide *o*-hydroxyphénylacétique sur l'acide *o*-hydroxyphénylglyoxylique, au moyen du tribromure de phosphore. Or, la constitution des colorants de Pechmann n'étant pas considérée comme définitivement établie, il s'ensuit que la formule dibenzonaphtyrone (I), attribuée au corps orangé, ne peut être que provisoire. Ce qui est certain, c'est que le corps en question possède deux fonctions olides. Sous l'action de la potasse alcoolique, les cycles lactoniques s'ouvrent, et si l'on traite le sel dipotassique résultant par un acide, tel l'acide chlorhydrique, il se précipite, au lieu du diacide attendu, un isomère du corps initial, jaune celui-là (F 305°). Si l'on attribue à l'isomère orangé la formule (I), il revient à l'isomère jaune la formule (II) qui n'est autre que celle de l'*isooxindigo* (forme *trans*). En fait l'incertitude qui plane sur la constitution du corps initial s'étend sur celle du corps jaune. Ce que l'on peut tenir pour assuré c'est que l'un des deux produits, l'orangé ou le jaune, est véritablement

([1]) P. CHOVIN, *Ann. de Chimie*, 11e série, 9, 1938, p. 447.
([2]) P. CHOVIN, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 549.

l'isooxindigo, l'autre étant alors la dibenzonaphtyrone. La question qui se pose désormais est de savoir lequel, de l'orangé ou du jaune, est l'isooxindigo.

Les considérations de couleur ne sont d'aucun secours dans ce domaine. En effet, si l'on dresse un tableau des couleurs des isomères du type indigo, indirubine et isoindigo, on constate que l'ordre d'élévation de la teinte n'est pas le même dans la série de l'indigo et dans celle du thioindigo : alors que l'isoindigo (rouge) a une coloration moins profonde que l'indigo (bleu), c'est l'inverse pour l'isothioindigo (violet) (³) par rapport au thioindigo (violet rouge).

Type.	Hétéroatome de l'indigoïde.		
	NH.	S.	O.
Indigo	bleu	violet-rouge	jaune serin
Indirubine	violet	violet-rouge	orangé
Isoindigo	rouge	violet-bleu (³)	?

On n'en peut donc rien conclure en ce qui regarde la couleur de l'isoxindigo (pour lequel sont en compétition un corps jaune et un corps orangé), par rapport à l'oxindigo, qui est jaune. Tout au plus pourrait-on dire, en raison de l'analogie plus étroite qui existe entre le soufre et l'oxygène, que celle, plus lointaine, entre le soufre et le groupe NH, qu'il y aurait toute chance pour que l'isooxindigo soit plus coloré que l'oxindigo. Ce raisonnement donnerait donc la préférence au corps orangé.

L'action de l'ozone n'a pas permis non plus de discerner entre les deux constitutions. Le corps orangé en solution chloroformique donne un ozonide cristallisé mais difficilement purifiable, qui, à l'hydrolyse ou par pyrogénation, se décompose en acide salicylique et acide *o*-hydroxyphénylglyoxylique (ou sa lactone, la coumaranedione). Le corps jaune donne un dérivé incolore, recristallisable de l'acide acétique (F 269°), et dont la formule brute $C^{16}H^{8}O^{6}$ correspond à la fixation d'une molécule d'oxygène O^{2} sur le corps initial $C^{16}H^{8}O^{4}$. Par décomposition pyrogénée, ce corps blanc donne également de la coumaranedione, tout comme l'ozonide du corps orangé.

(³) P. Chovin, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 419.

Par contre, certaines variantes de la préparation du corps orangé sont de nature à jeter quelque lumière sur le problème posé.

Alors que la condensation de l'acide *o*-hydroxyphénylglyoxylique et de l'acide *o*-hydroxyphénylacétique donne le corps orangé avec un rendement de 35 % seulement, la condensation des lactones de ces acides (coumaranedione et α-coumaranone) le donne avec un rendement de 50 à 60 %. Cette augmentation du rendement, qui résulte du fait qu'il y a élimination d'une seule molécule d'eau au lieu de trois, est en faveur de la constitution isoindigoïde. La constitution naphtyrone ne pourrait en effet s'obtenir qu'après ouverture des cycles lactoniques des matières premières, ce qui, compliquant le mécanisme de la réaction, ne pourrait vraisemblablement qu'en diminuer le rendement.

Enfin j'ai montré précédemment ([3]), en généralisant une réaction due à Marschalk ([4]), que l'on peut obtenir régulièrement des corps à structure indigoïde ou isoindigoïde en oxydant, par le chlorure de soufre, les composés du type indoxyle ou oxindol correspondants. Ainsi l'oxindol donne l'isoindigo, et la β-coumaranone donne l'oxindigo. Appliquée à l'α-coumaranone, cette réaction a donné exclusivement, avec un rendement de 50 %, le corps orangé et non pas le jaune.

Il résulterait de ces considérations que l'isomère orangé pourrait être l'isooxindigo, et non pas la dibenzonaphtyrone, ainsi qu'il avait été suggéré précédemment. Mais, pour pouvoir se faire une opinion définitive, de nouvelles expériences sont encore nécessaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure des colorants oxyazoïques d'après leurs spectres d'absorption. Analyse spectrale des acyl-oxyazoïques.* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par Marcel Delépine.

La détermination de la structure des corps qui forment la grande classe des colorants azoïques a fait l'objet, depuis plus d'un demi-siècle, de nombreuses et importantes recherches, sans que cette structure ait été nettement établie.

C'est par l'étude des produits de réduction de leurs dérivés acylés que certains savants ([1]) ont cru pouvoir élucider la question de savoir si les *ortho-*

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **9**, 1942, p. 690.

([1]) Meldola et Morgan, *J. Chem. Soc.*, **55**, 1889, p. 115; Meldola et Hawkins, *J. Chem. Soc.*, **63**, 1893, p. 923; Meldola et Burls, *J. Chem. Soc.*, **63**, 1893, p. 930; Goldschmidt et Brubacher, *Ber. d. chem. Ges.*, **24**, 1891, p. 2360; Auwers, *Ann. der Chem.*, **360**, 1908, p. 11; *Ber. d. chem. Ges.*, **40**, 1907, p. 2154; Auwers et Eisenlohr, *Ber. d. chem. Ges.*, **41**, 1908, p. 415; Auwers et Wolter, *Ann. der Chem.*, **487**, 1931, p. 79; Willstätter et Parnas, *Ber. d. chem. Ges.*, **40**, 1907, p. 3971; Willstätter, Ulbrich, Pogany et Maimeri, *Ann. der Chem.*, **477**, 1930, p. 161.

oxyazoïques possèdent la forme azophénol (I) ou la structure quinone-hydra-

(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)
$N{-}Ar{-}OH$ ‖ $N{-}C^6H^5$	$N{=}Ar{=}O$	$NH{-}C^6H^5$	$N{-}Ar{-}O{-}CO{-}CH^3$ ‖ $N{-}C^6H^5$	$N{=}Ar{=}O$	$N\langle^{CO-CH^3}_{C^6H^5}$	$-Ar{-}N{=}N{-}C^6H^5$

zone (II). Les résultats obtenus n'ont pas permis de fixer la structure des oxyazoïques libres, ni même de préciser celle de leurs dérivés acylés.

Meldola, qui, le premier, étudia (avec divers collaborateurs) les produits de réduction des dérivés acétylés d'*ortho*-oxyazoïques, observa qu'il se forme, souvent, quatre substances qui correspondent aux produits de coupure d'un mélange des corps (III) et (IV) sous l'action des réducteurs. Dans ces conditions, il apparaissait nettement que la réaction est accompagnée d'une transformation intramoléculaire et que, par suite, cette méthode ne peut être utilisée pour établir la structure des *ortho*-oxyazoïques.

Ces recherches furent ensuite poursuivies par plusieurs chimistes. Ils obtinrent les mêmes résultats que Meldola et, néanmoins, pensèrent pouvoir en tirer des conclusions sur la structure des oxyazoïques.

C'est ainsi que Auwers et son école ne cessèrent, depuis 1907 et jusqu'à ces dernières années, de considérer que tous ces composés ainsi que leurs dérivés acylés possèdent la forme azophénol (I). De leur côté Willstätter et ses colla-

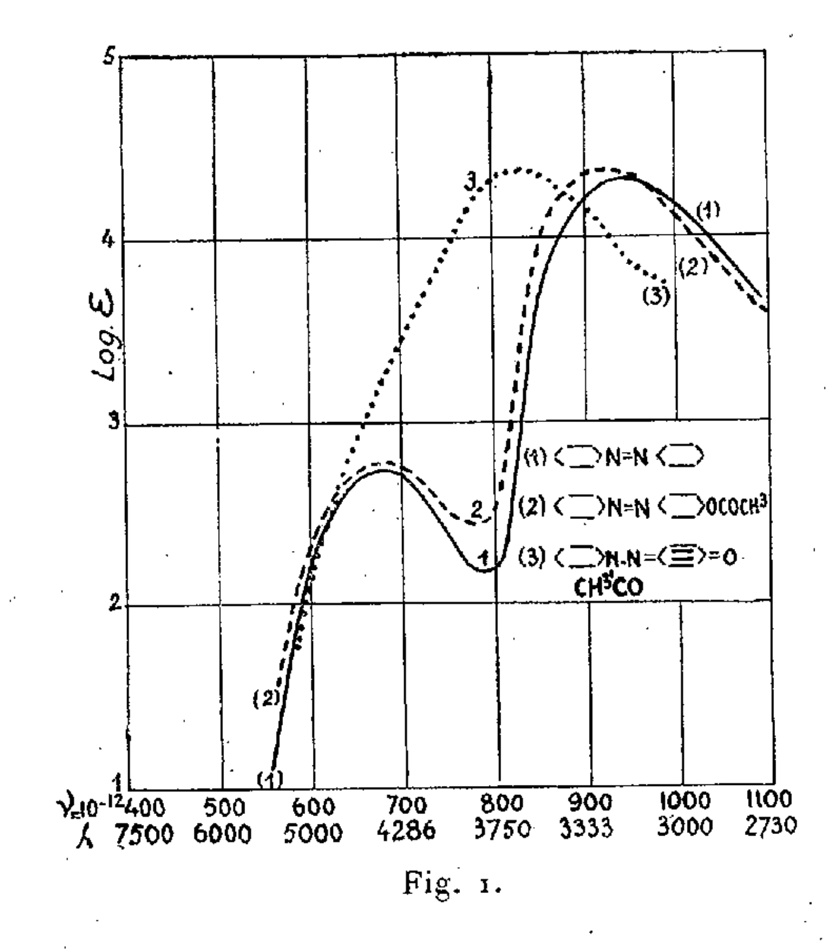


Fig. 1.

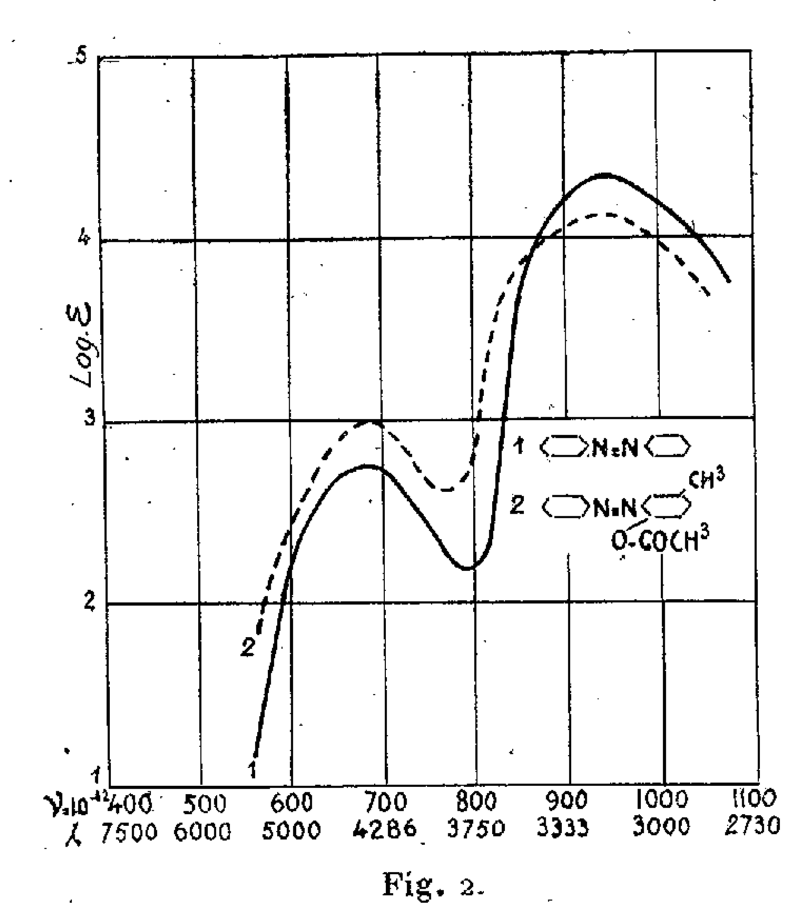


Fig. 2.

borateurs maintinrent, pendant le même temps, que les *ortho*-oxyazoïques peuvent prendre la forme quinonehydrazone. Ces diverses conclusions furent, pendant plus de vingt-cinq ans, l'objet de vives polémiques sans que, comme cela était à prévoir, aucune preuve décisive put être fournie en faveur de l'une ou de l'autre de ces théories.

J'ai pensé que la détermination des spectres d'absorption des dérivés acylés

devait permettre d'établir leur structure, en s'appuyant pour cela sur les considérations suivantes : On sait que l'acétylation d'une fonction phénol est accompagnée d'un changement d'absorption important. Mme Grumez a précisé (expériences inédites), dans le cas des phénols simples, que le spectre d'un dérivé acétylé Ar-O-CO-CH^3 est très voisin de celui du corps Ar-CH^3.

Par suite, si l'allure du phénomène est la même quand le radical aromatique est lié à un groupe azoïque, le spectre du dérivé acétylé (III) doit être semblable à celui de l'azocarbure (V) et se montrer très différent du spectre de son isomère l'acétylquinonehydrazone (IV).

Les premières recherches, effectuées dans *la série benzénique*, montrent qu'il en est bien ainsi et que cette méthode permet aisément de différencier les corps possédant les structures (III) et (IV) (aussi bien les composés *ortho* que les *para*).

D'une part en effet, les spectres des deux isomères (III) et (IV) présentent des différences très importantes à la fois dans la forme, la position et le nombre de leurs bandes. D'autre part le spectre de l'ester (III) est tout à fait semblable à celui de l'azoïque (V). Sur la figure 1 sont tracées les courbes d'absorption de l'azobenzène (courbe 1), celle du corps obtenu par acétylation du *para*-oxyazobenzène (courbe 2) et celle de parabenzoquinone-acétylphénylhydrazone préparée en traitant la benzoquinone par l'α-acétylphénylhydrazine (courbe 3). La figure 2 contient les courbes de 6-acétoxy-3-méthylazobenzène (courbe 2) et de l'azobenzène (courbe 1). On constate que, dans tous ces cas, le spectre du dérivé acétylé est très voisin de celui de l'azobenzène.

Soulignons que, contrairement à ce que supposaient les savants précédemment cités, la connaissance de la structure des dérivés acylés des oxyazoïques ne peut permettre d'établir celle des combinaisons libres, par suite des transpositions intramoléculaires que sont susceptibles de subir ces substances.

En résumé, *ces recherches montrent que la structure si discutée des dérivés acylés des oxyazoïques peut être déterminée par leur analyse spectrale*. On peut, par suite, espérer être en état d'élucider les métamorphoses que subissent ces dérivés sous l'influence des réducteurs.

CHIMIE MOLÉCULAIRE. — *De l'action des argiles montmorillonites sur la vitamine* A *et les phénomènes de mésomérie dans le groupe des caroténoïdes.* Note de M. **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

La vitamine A fournit une intense coloration bleue sous l'influence de nombreux réactifs, en particulier du trichlorure d'antimoine (Carr et Price, 1927). Or certaines argiles fournissent directement la même coloration bleue en adsorbant la vitamine A en solution non polaire (benzène, éther de pétrole, cyclohexane et même chloroforme). Ces argiles sont celles que l'on

range sous le nom de *montmorillonites*. D'autres argiles sont, après traitement acide (chlorhydrique ou sulfurique), susceptibles de se comporter de même. A l'inverse de ce que l'on observe avec le réactif de Carr-Price [voir par exemple P. Meunier et Y. Raoul (¹) 1938], la coloration bleue qu'acquiert la terre en s'emparant de la vitamine A est très persistante, surtout si on laisse l'argile baigner dans le solvant. Mais elle peut être recueillie et aisément décolorée par une trace de solvant polaire, tel que l'alcool, l'acétone, l'éther. Par enlèvement de ce dernier et nouveau passage en milieu non polaire (benzène par exemple), une teinte bleue réapparaît sur l'argile.

L'impossibilité d'isoler le produit bleu de son support adsorbant montre bien que le phénomène de coloration résulte de l'adsorption elle-même. Comment cette dernière se produit-elle ? Libre ou estérifiée, la vitamine A peut donner lieu à une liaison du type semi-polaire grâce soit à l'une des paires d'électrons disponibles sur l'oxygène, soit à l'une des paires d'électrons d'une des doubles liaisons. Dans les deux cas le doublet électronique fourni par la molécule de vitamine A vient s'engager dans un octet incomplet de l'argile. L'existence de tels octets incomplets (sextets) nous apparaît comme la caractéristique des montmorillonites : ces sextets pourraient aussi résulter de l'*activation* d'autres argiles par le traitement acide (²).

Pour le premier mode de liaison, à partir de l'oxygène, nous écrirons $-CH^2-\underset{\downarrow \atop \text{Argile}(-)}{\overset{-(+)}{O}}-R$. Cette structure est très instable et l'oxygène va reprendre sa neutralité électrique aux dépens de l'un des atomes voisins, selon les deux possibilités

$$(a) \qquad -CH^{2\,(+)}\ \ |\underset{\downarrow \atop \text{Argile}(-)}{\overline{O}}-R \qquad\qquad (b) \qquad CH^2-\underset{\downarrow \atop \text{Argile}(-)}{\overline{O}}|\ \ {}^{(+)}R$$

La molécule de vitamine A apparaît ainsi, en (*a*) comme en (*b*), scindée en deux parts, toutes deux fixées à l'argile, l'une par un lien électronique, l'autre par un lien hétéropolaire, ce dernier correspondant à deux positions aussi probables l'une que l'autre du centre positif. Il s'agit là d'un phénomène de *mésomérie*, ou de remaniement électronique entre les deux formules limites (*a*) et (*b*).

En réalité l'agitation électronique est beaucoup plus importante dans le cas (*a*), car les cinq doubles liaisons de la vitamine A sont alors susceptibles

---

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 403.

(²) On remarquera que précisément $SbCl^3$ renferme un *octet incomplet*. Dans ce cas la fixation sur le réactif est moins manifeste, ce dernier étant en solution. Elle a néanmoins été prouvée par Ender (*Biochem. Journ.*, 26, 1932, p. 1118) par refroidissement à — 35° du mélange bleu.

d'osciller entre les deux positions extrêmes

L'apparition d'une coloration peut s'interpréter comme une sorte de *résonance* entre l'instabilité électronique et la fréquence de radiations visibles, fait bien établi aujourd'hui ([3]). Ce battement de 5 doublets électroniques correspond certainement à la bande d'absorption principale de la réaction de Carr-Price, à 620 mμ, pour les raisons suivantes.

Le second mode de liaison semi-polaire envisagé plus haut nous amène en effet à écrire, pour la nouvelle mésomérie ainsi provoquée, les formules limites

Il n'y a plus de battement possible que pour 4 paires électroniques. La bande d'absorption correspondante est à 590 mμ, position de la bande unique pour la réaction de Carr-Price effectuée sur le β-carotène. Malgré ses 11 doubles liaisons conjuguées, celui-ci, par raison de symétrie, ne saurait en effet donner lieu qu'à deux systèmes électroniques oscillants de 4 doublets chacun, la double liaison centrale, sollicitée de part et d'autre, restant fixe.

Dans nos formules, les caroténoïdes sont à l'origine sous une forme *pseudo-quinoïde*, comme on a pu le montrer pour la bixine ([4]). Ce schéma a pour nous le grand avantage de faire apparaître les phénomènes de coloration précédents comme une extension du principe *mériquinoïde* de la couleur ([5]). Dans notre interprétation, la mésomérie entre des formes pseudoquinoïdes et pseudobenzoïdes est provoquée par l'action de réactifs très divers présentant tous des octets incomplets ([2]), sur les caroténoïdes en milieu non polaire. Une trace de solvant polaire fait disparaître la mésomérie et la réaction colorée par suite d'une attraction mutuelle de dipôles; la molécule de vitamine A

([3]) B. Eistert, *Tautomerie und Mesomerie*, 1 vol., Stuttgart, 1938 (200 p.) et auteurs divers *in Zeits. für Elektrochem.*, **47**, 1941, pp. 1-55.

([4]) Waldmann et Brandenberger, *Zeits. für Kristallog.*, **82**, 1932, p. 77, et aussi Bernal, *Crystal Structure of Complex Organic Compounds* (Conférence à l'Université de Manchester, le 13 juillet 1932).

([5]) B. Eistert, *loc. cit.*, p. 188.

est détachée sous l'une des formes limites envisagées. La théorie précédente permet donc de prévoir la structure des composés obtenus après *passage* de la vitamine A sur des argiles actives ou dans le réactif de Carr-Price.

GÉOLOGIE. — *Essai de chronologie du Quaternaire moyen et supérieur.* Note (¹) de M. **Franck Bourdier**, présentée par M. Charles Jacob.

Utilisant quelques observations inédites, j'avais esquissé (²) une chronologie du Quaternaire ancien. Je vais la poursuivre pour le Quaternaire moyen et supérieur, que nous ferons débuter avec la glaciation du Riss.

Le Riss. — Les moraines rissiennes, en Bas-Dauphiné, contrairement à celles du Mindel, ne montrent qu'une mince couche d'argile de décalcification, de couleur marron, souvent recouverte par le lœss récent. On peut attribuer au Riss le lœss ancien de l'Alsace, qui a fourni du Renne; mais celui de la Somme, dépourvu de faune froide, pourrait être l'équivalent du limon lœssoïde du Post-Mindel. Les cailloutis grossiers formant la partie inférieure de certaines Basses-Terrasses (Somme, Charente, Vézère) pourraient fort bien être contemporains du Riss, mais ils n'ont fourni, jusqu'à présent, ni flore, ni faune froides le prouvant.

Le lœss ancien d'Alsace et la base de nos Basses-Terrasses contiennent des industries du Levalloisien ancien ou moyen.

Le Post-Riss. — Comparé au Post-Mindel, le Post-Riss apparaît comme un interglaciaire de courte durée, pendant lequel se serait produite la mince couche décalcifiée, précédemment signalée sous le lœss récent en Bas-Dauphiné et qui se retrouve en Alsace (Grand Lehm) et dans la Somme, à Montières, où elle recouvre des alluvions limoneuses, qui ont fournit l'Éléphant antique, l'Hippopotame, le Rhinocéros de Merck et une faune de Mollusques banale, de climat tempéré. Cette faune de Mollusques se retrouve, dans la même position stratigraphique, à Longpré-les-Corps-Saints (Somme), à Celles-sur-le-Né (Charente-Inférieure) et à Condat (Dordogne). Dans ces deux derniers gisements, parmi les très nombreuses espèces *tempérées*, j'ai récolté *Pisidium hibernicum* et *Paludestrina Steini* (détermination de M. Favre), espèces nordiques, qui sont peut-être des reliques du Riss ou des précurseurs du Wurm.

Je serais volontiers porté à dater du Post-Riss les lignites de la région de Chambéry, interstratifiés entre deux dépôts morainiques (³). Ces lignites m'ont fourni une faune banale de Mollusques de climat tempéré avec quelques espèces montagnardes (M. Favre); l'analyse pollinique des lignites,

(¹) Séance du 3 novembre 1942.
(²) *Comptes rendus,* 215, 1942, p. 422.
(³) *Rev. de Géogr. alpine,* 39, III, 1941, p. 499.

faite par M. Gourc ([4]) et récemment complétée par M. G. Lemée ([5]), montre la prédominance du Pin dans les couches inférieures et supérieures et celle de l'Epicéa dans les couches moyennes.

Les dépôts que nous avons attribués au Post-Riss ont presque tous fourni un outillage levalloisien taillé avec un art véritable. Cet outillage semble persister à la base du lœss wurmien, où il est bientôt remplacé par le Moustérien, beaucoup plus grossier.

Le Wurm. — En Bas-Dauphiné, les moraines du maximum et du retrait du Wurm, remarquables par leur parfaite conservation, sont très rarement recouvertes par le lœss récent, qui doit principalement dater de la période d'avancée des glaciers. Mes fouilles dans le gisement de Saint-Romans ([6]) ont montré que le glacier ne s'était retiré que depuis peu de la basse-vallée de l'Isère lorsque les hommes du Madgalénien s'y établirent; en effet les couches archéologiques reposent là directement sur les alluvions du début du retrait wurmien, sans intercalation d'ancien sol.

Aux espèces caractéristiques de la faune froide wurmienne, il faut ajouter un Mollusque, *Columella columella*, que M. Favre a déterminé, en partie d'après mes récoltes, dans les lœss et alluvions de très bas niveau des environs de Montélimar et de Valence (vallée du Rhône), de Bergerac (Dordogne) et de Paris. Ce Mollusque était donc commun et avait une grande extension du Wurm, alors qu'actuellement il est rarissisme et confiné en haute montagne.

Jusqu'à présent aucun fait, dans les Alpes françaises, ne m'a montré l'existence d'inter-stades pendant la période wurmienne, ni d'ailleurs pendant les périodes glaciaires antérieures.

Le Post-Wurm. — Il débute avec les industries à faunes tempérées du Mesolithique et va jusqu'à nos jours. Il comprend principalement les alluvions du fond des vallées actuelles qui, sur le versant atlantique, sont en général beaucoup plus fines que la plupart des alluvions anciennes, et probablement déposées sous des climats glaciaires ou de type méditerranéen.

Cette chronologie du Quaternaire, comme toutes celles tentées jusqu'à présent, est un simple ensemble d'hypothèses de travail, susceptible d'être profondément modifié. Ainsi on pourra peut-être prouver, un jour proche, que la faune archaïque est postérieure à la faune froide de Haut-Montreuil, Sevran etc; que le caractère *chaud* des tufs de la Celle est dû à des conditions locales (micro-climat); que la couleur rouge de la couche d'altération post-mindélienne n'a pas de causes climatiques (action lente sur les sels de fer de la silice dissoute peu à peu par les eaux météoriques?). Bien d'autres problèmes se posent, surtout en préhistoire; espérons que leur solution sera

---

([4]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 12.

([5]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 23.

([6]) *Proc. verbaux Soc. Scient. du Dauphiné*, n° 158, 4 mars 1941.

facilitée par la nouvelle organisation des fouilles archéologiques qui, sous l'égide du Centre National de la Recherche Scientifique, établira une réunion plus intime entre les géologues et les préhistoriens.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur les Hystrichosphères des calcaires siluriens de la Montagne Noire.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans ses divers travaux, cités dans ma dernière Note [1], A. Eisenack a décrit un certain nombre d'Hystrichosphères siluriennes, les réunissant d'abord sous la rubrique générale d'*Ova hispida* (1931), les classant ensuite [2] dans les genres *Hystrichosphæridium* Defl., *Leiosphæra* Eis. et *Leiofusa* Eis.

Les calcaires siluriens de la Montagne Noire, pour le détail desquels je renvoie à ma Note précitée, ne m'ont fourni, jusqu'ici, aucune forme analogue aux grandes espèces déjà connues, dont certaines atteignent et dépassent un quart de millimètre. Tout au contraire, c'est par une série de formes nouvelles *de très petite taille* (*fig.* 1 à 16) qu'est représenté le microplancton fossile dans ces calcaires. Les spécimens les plus grands (une cinquantaine de μ, *fig.* 1) sont du même ordre de grandeur que la plus petite Hystrichosphère décrite par Eisenack. Ce sont d'ailleurs les plus rares dans mes matériaux, et la majorité des autres oscillent entre 10-15 et 25-30 μ. Il s'agit donc d'un groupe d'Hystrichosphères minuscules, inconnues jusque-là dans le Silurien, mais représentées déjà (par d'autres espèces) dans les silex crétacés et aussi dans des silex jurassiques (inéd.).

D'un point de vue général, les Hystrichosphères du Silurien n'ont point dissipé l'obscurité qui règne sur les problèmes liés à la biologie et à la systématique de cette famille. Eisenack reconnaît qu'il existe des formes apparemment intermédiaires entre les genres qu'il admet ou qu'il crée, par exemple entre *Hystrichosphæridium* Defl. et *Leiosphæra* Eis. Pour ma part je constate que certains de mes *Micrhystridium* pourraient, à la rigueur, être placés parmi les *Hystrichosphæridium* et *vice versa*. La nomenclature adoptée a donc un caractère provisoire et vise seulement à la commodité.

L'état de conservation des Hystrichosphères de la Montagne Noire n'est guère meilleur que celui des Chitinozoaires, et paraît médiocre, comparé à celui des espèces du domaine baltique ou de la Bohême. Quelques spécimens sont brun foncé, tous les autres sont noirs. La manière organique originelle (chitine ou cutine *sens lat.*) est donc profondément modifiée. Les structures, cependant, présentent encore une grande finesse : appendices fourchus, dont la tige n'a qu'une fraction de micron (*fig.* 14); cornes ramifiées et épineuses (*fig.* 3); membranes réticulées ou vermiculées. C'est ce qui me permettra de donner

---

(1) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 286.
(2) *Ztschr. f. Geschiebeforsch.*, **13**, 1938, pp. 1-30.

ultérieurement des descriptions assez précises des diverses formes nouvelles, simplement figurées ici.

Un point important mérite encore d'être signalé à propos du mode de

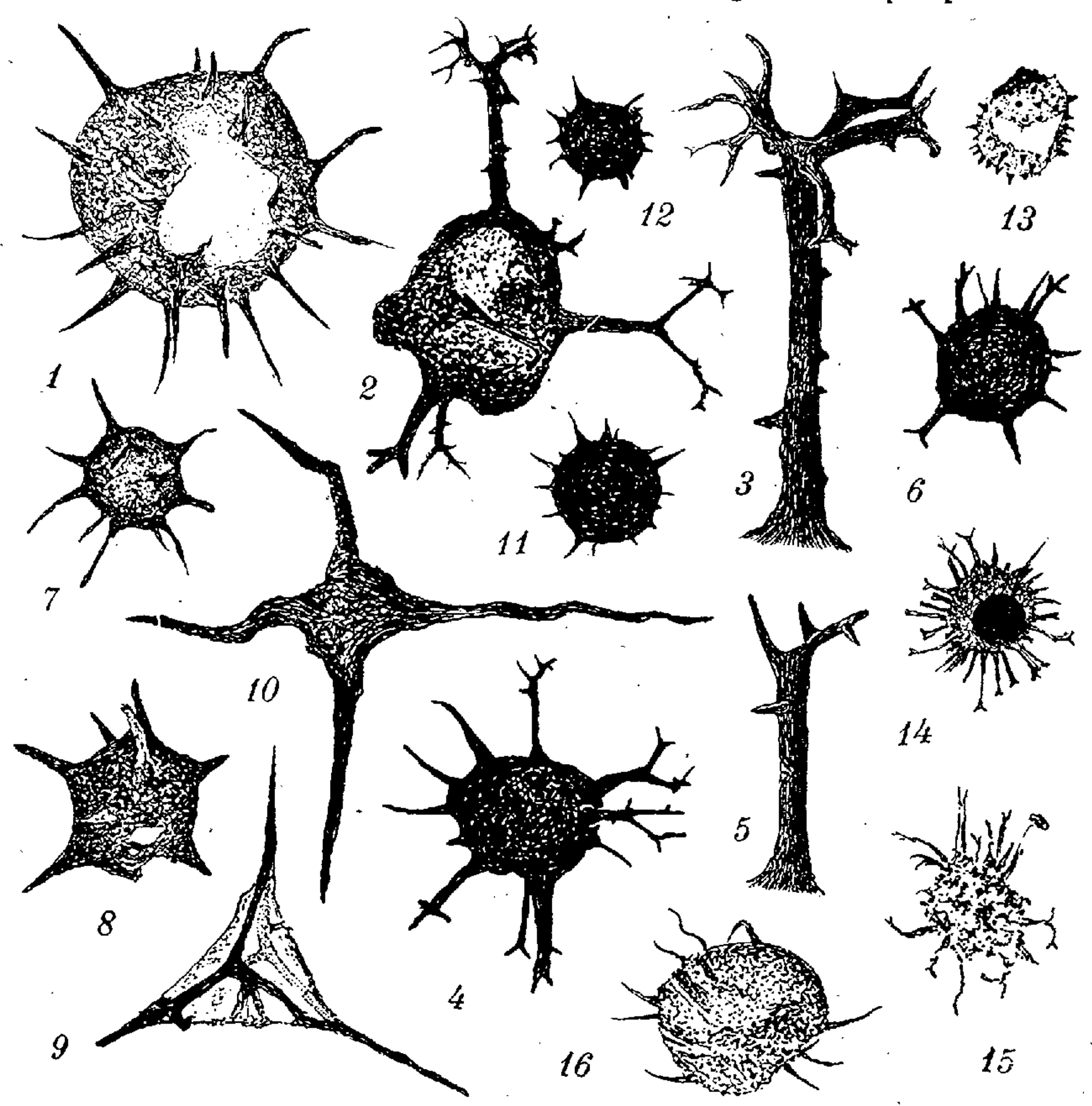


Fig. 1 à 16. — Hystrichosphères des calcaires siluriens de la Montagne Noire. 1, *Hystrichosphæridium brevispinosum* Eis. var. *nanum* n. v.; 2 à 6, *H. ramusculosum* n. sp. (3 et 5, détails de processus); 7 et 8, *Micrhystridium stellatum* n. sp., deux spécimens extrêmes; 9, *Hystrichosphæridium geometricum* n. sp.; 10, *H. staurasteroides* n. sp.; 11 et 12, *Micrhystridium parinconspicuum* n. sp.; 13, *M. nannacanthum* n. sp.; 14, *M. imitatum* n. sp.; 15, *M.* cf. *imitatum* Defl.; 16, *Hystrichosphæridium* cf. *brevispinosum* Eis. var. *nanum* Defl. 1 à 14, calcaires gothlandiens de Roquemaillère; 15 et 16, calcschistes ashgilliens de la Grange-du-Pin (Hérault). Gross. 900, sauf figures 3 et 5, gross. 2500 env.

conservation. Toutes les formes extraites jusqu'ici de nos calcaires gothlandiens, traités par HCl (*fig.* 1 à 14), paraissent *libres*, même lorsqu'elles sont partiellement engagées dans des détritus organiques ou minéraux. Au contraire, les rares Hystrichosphères rencontrées dans l'Ordovicien (calcschistes ashgilliens, *fig.* 15 et 16), sont *incluses* dans des particules minérales, que M. J. Orcel a reconnues comme appartenant à des produits phylliteux ([3]). Il y a là un fait nouveau, dont la répétition et l'extension devront être recherchées. C'est, à ma connaissance, la première fois que des microfossiles conservés à l'état de matière organique sont signalés *au sein même d'un silicate d'alumine cristallisé*.

([3]) Leur nature exacte sera précisée par la suite.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le vanadium dans les Ascidies.*
Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La découverte par Henze en 1911 du vanadium dans le sang de *Phallusia mamillata* (Cuvier) a suscité un certain nombre de recherches sur la présence de ce métal chez les Ascidies. Au total ont été étudiées, surtout qualitativement, 19 espèces appartenant aux *Cionidæ* et *Ascidiidæ*, où la présence du vanadium semble certaine; aux *Botryllidæ*, où elle est contestée; aux *Didemnidæ*, où elle est douteuse et aux *Pyuridæ*, *Styellidæ* et *Polyclinidæ*, où elle n'a pas été rencontrée [1].

Comme mes propres recherches sur le vanadium dans la biosphère concluaient à sa présence constante chez les êtres vivants [2] et que pour certaines Ascidies les quantités de vanadium trouvées seraient plusieurs centaines de fois plus grandes que pour d'autres, il semblait nécessaire de reprendre l'étude qualitative et quantitative du métal en question pour ce groupe zoologique. Les espèces que j'ai étudiées provenaient de la Station zoologique de Roscoff; M. Pérez, MM. Drach et Joly ont eu l'obligeance de me procurer et d'identifier les Ascidies étudiées.

L'expérience m'ayant montré que les proportions de vanadium pouvaient varier considérablement suivant l'état de fraîcheur des animaux, les précautions les plus grandes ont été prises pour l'expédition, et seuls ont été analysés les individus vivants et en bon état. Les analyses ont porté sur les animaux entiers; d'ailleurs, pour beaucoup d'espèces, les individus étaient de trop petite taille pour pouvoir être disséqués commodément en nombre suffisant aux dosages. Pour enlever tout débris, les échantillons ont été soigneusement nettoyés dans de l'eau de mer. La technique analytique suivie est celle que j'avais déjà utilisée pour la recherche du vanadium chez les animaux [2]; sa grande sensibilité (limite du vanadium décelable 2.10^{-9} g pour une concentration minima de 2.10^{-9}) a permis de n'utiliser que 0,5 à 3^{g} d'échantillon sec, suivant le cas.

Les résultats, rassemblés dans le tableau ci-après où la classification de Harant a été adoptée, sont rapportés à la matière séchée à 105°, le poids de matière fraîche étant trop variable pour pouvoir donner lieu à des comparaisons utiles. Le vanadium a été dosé dans neuf familles sur onze qui existent sur les côtes de France; des deux autres, les *Corellidæ* sont par beaucoup considérés comme ne s'éloignant pas assez du type *Ascidiidæ* pour constituer une famille particulière, et les *Perophoridæ* ne sont représentés à Roscoff que par des échantillons de trop petite taille et trop rares pour qu'il ait été possible d'en rassembler une quantité suffisante pour une analyse.

(1) Une bibliographie complète et tous les détails seront donnés dans une autre publication.

(2) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 150.

	V en mg/K sec.
STOLIDOBRANCHES.	
HEXASTIGMALES. — *Molgulidæ, Molgula manhattensis* (Kay)	31,8
POLYSTIGMALES. — *Pyuridæ, Pyura savignyi* (Phillipi)	7,1
Styelidæ, Dendrodoa grossularia (van Beneden)	10,2
» , *Distomus varialosus* (Gartner)	6,4
» , » , sans tunique	131
Botryllidæ, Botryllus schlosseri (Pallas)	7,8
PHLÉBOBRANCHES.	
DISTIGMALES — *Pérophoridæ*	néant
TÉTRASTIGMALES. — Hémigones, *Cionidæ, Ciona intestinalis* (Fleming)	166
Pleurogones, *Ascidiidæ, Ascidia mentula* (Müller)	982
» , » , sans tunique	6520
» , » , tunique seule	741
» , *Corellidæ*	néant
APLOUSOBRANCHES.	
Hémigones, *Polycitoridæ, Clavelina lepadiformis* (Müller)	7,0
» , *Didemnidæ, Didemnum candidum* (Savigny)	2,6
» , *Leptoclinum, Didemnum maculosum* (Edwards)	30,8
Hypogones, *Polyclinidæ, Morchellium argus* (Edwards)	3,7
» , » , *Parascidia turbinata* (Savigny)	8,3
» , » , *Parascidia areolata* (Chiaje)	3,9
» , » , *Aplidium pallidum* (Verril)	4,3

L'animal sans tunique est beaucoup plus riche en vanadium que l'animal entier. Webb s'était déjà demandé si tout ce métal ne provenait pas du sang, ses analyses de *Phallusia mamillata* semblaient prouver que, chez cette espèce, 80 % du vanadium est contenu dans le sang. Mes analyses d'*Ascidia mentula* ne confirment pas cette hypothèse; en effet, dans les cellules contenues dans 390^{mg} de sang (représentant plus de 50 % du sang total d'un animal pesant 25^{g} frais), il n'y avait que 89,5 γ de vanadium et seulement 1,8 γ pour le restant du sang alors que, dans l'animal sans tunique, il y en avait plus de 560, et dans l'animal entier plus de 1600.

Conclusion. — Contrairement à ce qu'il semblait pouvoir résulter des travaux antérieurs, j'ai trouvé le vanadium dans tous les échantillons que j'ai étudiés; ce métal peut donc être considéré comme existant d'une manière normale chez toutes les Ascidies. D'autre part le vanadium du sang (surtout contenu dans les cellules sanguines) ne représente qu'une partie réduite de celui qui est contenu dans le corps de l'animal.

Les Phlébobranches, chez lesquelles on peut en trouver des concentrations de l'ordre du gramme par kilogramme de l'animal sec entier, sont beaucoup plus riches que les Stolidobranches et les Aplousobranches où il y en a, tout au plus, de l'ordre de 40^{mg}. Néanmoins, même chez ces deux derniers groupes, les quantités de vanadium trouvées représentent des chiffres bien supérieurs à la moyenne de ceux existant chez les Invertébrés, pourtant déjà supérieurs à celle des Vertébrés, montrant ainsi que les Ascidies forment un groupe très à part, aussi bien au point de vue biochimique qu'au point de vue morphologique et anatomique.

IMMUNOLOGIE. — *De la production, chez le Cheval, d'un sérum doué de propriétés neutralisantes et préventives à l'égard du virus de la fièvre aphteuse.* Note (¹) de MM. **Gaston Ramon, Édouard Lemétayer** et **Pierre Minguet**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Les animaux de l'espèce bovine nous faisant entièrement défaut, nous avons effectué les recherches sur la fièvre aphteuse dont nous apportons aujourd'hui les résultats en utilisant comme animaux d'expériences, le Cobaye et le Cheval.

Les quantités relativement considérables de virus aphteux nécessaires à nos expériences étaient obtenues chez le Cobaye au moyen de la technique suivante : les animaux sont inoculés avec une souche de virus aphteux particulièrement virulente (virus O) dans le coussinet plantaire; les aphtes développés à ce niveau sont prélevés 24 heures après l'inoculation et soigneusement broyés. Le produit de broyage est mis en suspension dans une solution phosphatée (pH 7,4) à raison de 1^g d'aphtes pour 2^{cm^3} de liquide. On centrifuge afin d'éliminer les débris d'aphtes. L'activité virulente du liquide de centrifugation était en général telle qu'à la dose de 1/100000 de centimètre cube inoculée dans le coussinet plantaire du Cobaye, il était capable de provoquer, chez cet animal, l'infection aphteuse généralisée, en 48 heures; 1^g d'aphte représente donc environ 200000 doses infectantes pour le Cobaye. Pour l'emploi, le liquide de centrifugation renfermant le virus était ordinairement dilué dans les proportions de 1 partie pour 10 parties d'un mélange composé de 200^{cm^3} de bouillon peptoné et de 800^{cm^3} de solution phosphatée.

Dans nos essais immunologiques, le virus a été inoculé au Cheval soit tel quel, soit après avoir été transformé, selon le principe des anatoxines et des vaccins anatoxiques en général (²), en *anavirus*. Celui-ci était préparé en ajoutant au liquide contenant le virus 0,075 % de formol. Après 48 heures d'exposition à la température de 34° dans certains de nos essais, à 26° dans d'autres, une épreuve était pratiquée chez le Cobaye, permettant de se rendre compte de la disparition totale de la virulence et de la complète transformation du virus en anavirus.

Le cheval 894 a reçu, sous la peau, les quantités de virus correspondant à 20^g d'aphtes le 14 mai, à 25^g le 4 juin, à 30^g le 20 juin. La suspension de virus était, avant l'injection, partagée en trois portions égales additionnées respectivement de tapioca (2 %), de chlorure de calcium (2 %), d'alun (2 %).

(¹) Séance du 3 novembre 1942.

(²) L'application du principe des anatoxines (1923) à la transformation du virus, de la fièvre aphteuse en vaccin, a été tentée en premier lieu par Vallée, Carré et Rinjard (*Revue générale de Méd. Vét.*, 35, 1926, p. 129). C'est Waldmann, de l'île de Riems (Allemagne) qui, au cours de ces dernières années (voir O. Waldmann, *IVᵉ Congrès international de Path. Comp.*, Rome, 1939, p. 99), a fait entrer dans le domaine pratique, la vaccination antiaphteuse en associant, pour la préparation du vaccin, le principe des anatoxines et celui des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité (G. Ramon, 1925). Il se sert, comme adjuvant de l'immunité, de l'hydroxyde d'aluminium (S. Schmidt). Plusieurs millions de Bovidés ont été vaccinés en Allemagne en quelques années. Rien n'a été fait en France, bien que les principes sur lesquels repose l'immunisation aphteuse, telle qu'elle a été réalisée en Allemagne, aient été posés en premier lieu chez nous.

Le cheval 77 a reçu, dans des conditions identiques, les 17 juin, 8 et 27 juillet, des doses d'anavirus fournies par 20^g, 30^g et 50^g d'aphtes.

Des prises de sang ont été pratiquées à différentes reprises chez les deux chevaux ainsi traités afin de se rendre compte des propriétés « neutralisantes » et préventives des sérums recueillis, à l'égard du virus aphteux. Pour apprécier le *pouvoir neutralisant*, on recherche quelle est la quantité de sérum qui, mélangée *in vitro* à un certain nombre de doses infectantes de virus (10 par exemple), les met hors d'état de provoquer la généralisation de l'infection aphteuse chez le Cobaye auquel on injecte le mélange. Pour évaluer le *pouvoir préventif*, on détermine le volume de sérum qui, injecté quelques heures avant l'inoculation de virus (150 doses infectantes), est capable de prévenir les effets généraux de celle-ci.

Nous donnons ci-après les résultats obtenus avec le sérum prélevé 10 jours après la cinquième injection, chez nos deux chevaux inoculés l'un avec le virus, l'autre avec l'anavirus. A titre comparatif, on a mesuré, dans les mêmes conditions, les pouvoirs neutralisant et préventif de deux sérums provenant de Bovidés infectés, puis hyperimmunisés au moyen du virus aphteux (virus O).

	Dose de sérum	
	neutralisante.	préventive.
Cheval 894 (virus)	0,4	0,3
« 77 (anavirus)	0,2	0,3
Plasma de bœuf	0,3	0,3
Sérum de bœuf	0,25	0,4

Ainsi, il est donc possible d'obtenir rapidement chez le Cheval, animal non réceptif à la fièvre aphteuse, un sérum doué de propriétés neutralisantes et préventives spécifiques à l'égard du virus aphteux. Ce sérum peut être préparé soit par des inoculations de virus aphteux virulent, soit d'une façon plus commode encore (sans risque de propagation de la maladie aux espèces réceptives) au moyen de quelques injections de virus rendu avirulent par l'action du formol et de la chaleur (anavirus) et stimulé dans son activité immunisante par l'addition de substances adjuvantes. Les propriétés d'un tel sérum déterminées expérimentalement sont sensiblement équivalentes à celles de sérums d'animaux de l'espèce bovine qui ont été infectés, puis hyperimmunisés, à l'aide du virus possédant toute sa virulence.

Sans préjuger la portée pratique de ces résultats, nous en soulignerons l'importance théorique.

La séance est levée à 15^{h}50^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 NOVEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire d'Etat a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** adresse ampliation de l'arrêté, en date du 16 novembre 1942, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Léon Binet** pour occuper dans la Section de Médecine et Chirurgie la place vacante par le décès de M. *A. d'Arsonval.*

Il est donné lecture de cet arrêté.

Sur l'invitation de M. le **Président**, M. **Léon Binet** prend place parmi ses Confrères.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Chauvois. *Louis-Charles Bailleul*, 1876-1941.

2° Claude Gaillard. *La formation et l'instabilité des continents.*

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur un système de transformation de mouvement alternatif en mouvement circulaire applicable aux moteurs rapides à combustion interne.* Note de M. **Louis Castel**, présentée par M. Henri Villat.

Le dispositif consiste en une rainure tracée dans une pièce cylindrique clavetée sur l'arbre moteur. Dans cette rainure roulent des galets solidaires des pistons par l'intermédiaire de bielles rigides. La disposition la plus favorable à ce genre de transmission est celle où les cylindres sont disposés parallèlement comme les balles dans un barillet de revolver. L'ensemble bielle-piston-galet constitue un tout rigide animé d'un mouvement alternatif pur, d'où suppression du mouvement pendulaire de la bielle et de la poussée latérale du piston provoquant l'ovalisation du cylindre. La came pouvant avoir un tracé quelconque, avec des raccordements paraboliques on obtient une accélération constante de 35 % inférieure à celle donnée par un embiellage ordinaire correspondant. On peut enrouler plusieurs cycles complets sur un

tour de came, si bien que l'on a 2, 4, 6, 8 etc. aller et retour du piston pour un tour de l'arbre; on réalise donc une démultiplication automatique de 1/2, 1/3, 1/4 etc. L'arbre moteur peut être tubulaire de grand diamètre, ce qui peut être intéressant en aviation, permettant, par exemple, deux arbres concentriques entraînés par deux moteurs indépendants en tandem tournant en sens inverses et commandant deux hélices coaxiales. Grâce au faible coefficient de frottement des roulements à aiguilles qui équipent les galets agissant sur la came, le rendement de la transmission reste excellent même aux faibles inclinaisons de la rainure par rapport à l'axe des cylindres. La came permettant un tracé quelconque, voici la description d'un cycle possible avec deux pistons opposés dans chaque cylindre, l'un étant moteur, l'autre constituant simplement une culasse mobile démasquant en temps utile les lumières d'échappement.

Premier temps, aspiration. — Le piston moteur descend dans le cylindre, créant derrière lui une forte dépression, il démasque les fenêtres d'admission à fond de course et reste au point mort un certain temps, réalisant de la sorte une admission prolongée, d'où excellent remplissage.

Deuxième temps, compression. — Le piston remonte, comprimant le mélange qui est allumé par une bougie.

Troisième temps, détente. — Le piston descend poussé par les gaz, mais à cette course il s'arrête avant les lumières.

Quatrième temps, échappement. — Le piston distributeur qui, jusqu'alors, n'avait que joué le rôle de culasse, démasque les lumières d'échappement, tandis que le piston moteur remonte, chassant les gaz brûlés. Les deux pistons viennent presque en contact, réduisant ainsi l'espace mort au minimum. Ce cycle (qui peut fonctionner avec un mélange préparé dans un carburateur) est tout indiqué pour utiliser l'injection directe de carburant. L'injection commence dès la fermeture de l'échappement et dure tout le temps de la dépression et de l'admission pour ne se fermer qu'avec le début de compression. On voit que la pression du milieu injecté est toujours inférieure à celle de l'atmosphère, et l'on a une pulvérisation très suffisante avec une pression d'injection de 20 à 25 kg/cm^2. La circulation des gaz dans le cylindre se fait en équicourant hélicoïde grâce aux fenêtres d'admission légèrement tangentielles.

Ce type de moteur permet des groupes moto-propulseurs très ramassés en forme de corps de révolution faciles à caréner et pouvant dépasser 20 chevaux par décimètre carré de surface frontale, ce qui représente des moteurs de 1600 chevaux, de moins de 1^{m} de diamètre, et ménageant dans l'arbre un espace libre cylindrique de 160^{mm} de diamètre. La vitesse angulaire de l'arbre étant de 800-1000 tours par minute pour un équivalent de vitesse de 3600-4000 tours, cela permet l'emploi d'hélices de grand diamètre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Radioanalyse.*
Note de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Léon Guillet.

Soit un fragment de matière, d'épaisseur t^{cm}, de densité ρ, contenant a_1, a_2, ..., a_k % d'éléments de numéros atomiques Z_1, Z_2, ..., Z_k, de poids atomiques A_1, A_2, ..., A_k et de volumes spécifiques v_1, v_2, ..., v_k. Pour les rayons X de longueurs d'onde λ (en centimètres), plus courtes que la bande d'absorption K de l'élément de numéro atomique le plus élevé, on peut exprimer l'extinction ε, en négligeant la diffusion, par la formule

$$(1)\qquad \varepsilon = ln\frac{\mathcal{J}_0}{\mathcal{J}} = 1,364.10^{20}\lambda^3 t\rho\Sigma a_k\frac{Z_k^4}{A_k}.$$

Par conséquent, en principe, il est possible de trouver les teneurs a_1, a_2, ..., a_k en faisant, pour un mélange de k éléments donnés, au plus $k-1$ déterminations de ε, aux différentes longueurs d'onde, t, ρ étant connus. Pratiquement la *radioanalyse* ne peut être commodément appliquée qu'aux systèmes binaires, tels que les entend la règle des phases, pour lesquels une mesure de ε donne la composition du mélange. Si l'on peut admettre l'additivité des volumes partiels a_1v_1, a_2v_2 d'un système binaire, où les éléments A_1, A_2 sont les composants indépendants, on a

$$(2)\qquad \varepsilon = 1,364.10^{22}\lambda^3 t\frac{a_1\frac{Z_1^4}{A_1}+(100-a_1)\frac{Z_2^4}{A_2}}{a_1v_1+(100-a_1)v_2}.$$

Cette expression est constante, croissante ou décroissante en fonction de a_1 suivant que Z_1^4/A_1v_1 est égal, plus grand ou plus petit que Z_2^4/A_2v_2.

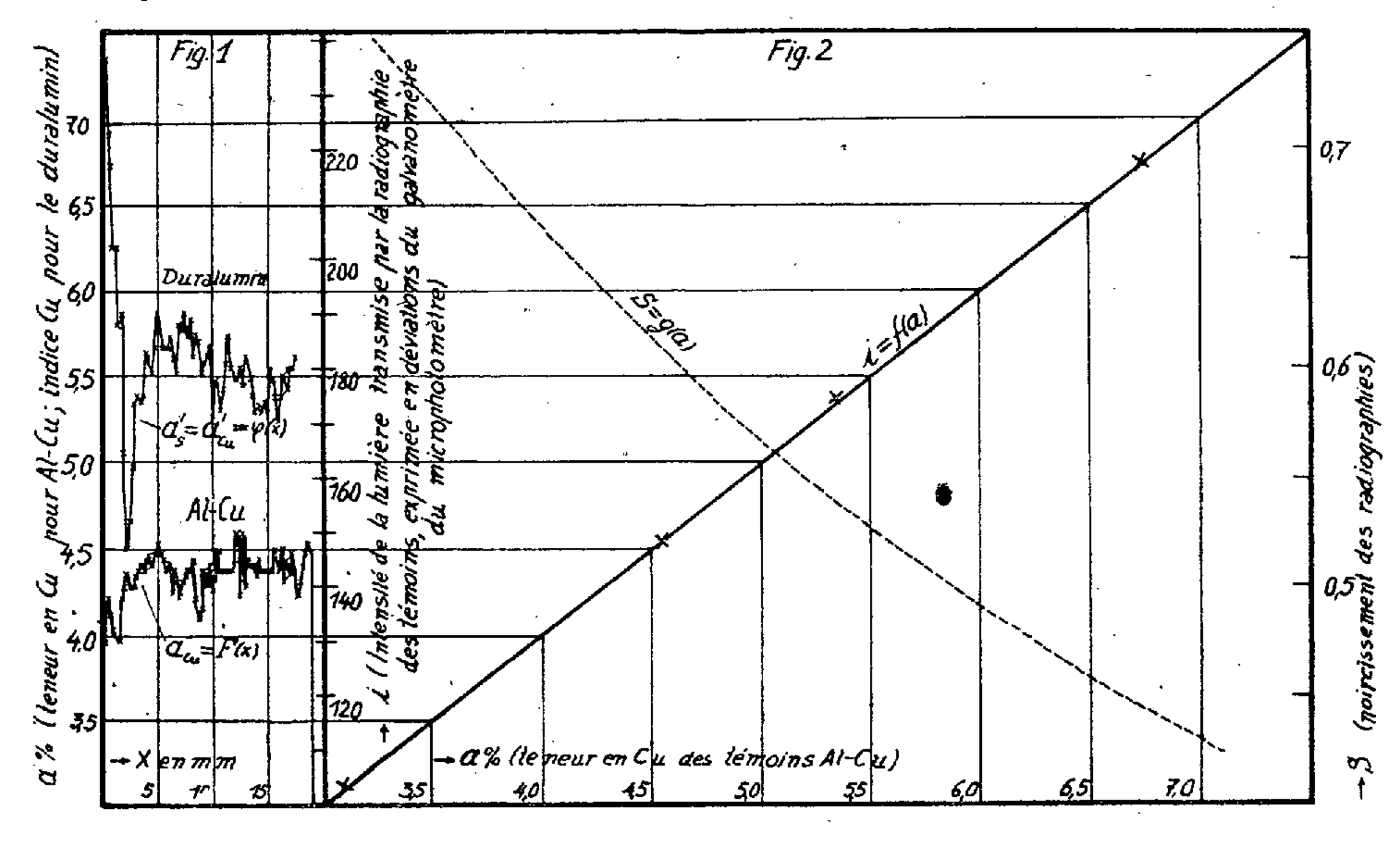
Dans un système A_1, A_2, ..., A_{k-1}, A_k, à plus de deux éléments comme composants indépendants, il est parfois utile d'attribuer à l'extinction ε mesurée, une teneur a'_{k-1} du système binaire A_{k-1}, A_k, convenablement choisi. Cette teneur a'_{k-1}, que nous appellerons *indice* $k-1$ du système A_1, A_2, ..., A_k, est donnée par la formule

$$(3)\qquad a'_{k-1} = \frac{100(p_k-qv_k)}{q(v_{k-1}-v_k)+p_k-p_{k-1}},$$

où $q=\Sigma a_kp_k/\Sigma a_kv_k$ et $p=Z^4/A$, les volumes partiels étant supposés additifs.

Dans la pratique de la radioanalyse, il n'est pas nécessaire de mesurer ε. Il suffit de déterminer, dans des conditions expérimentales identiques, des grandeurs i, dépendant de $\mathcal{J}$, donc de ε, correspondant, d'une part, à une série de témoins et, d'autre part, à l'échantillon étudié. Des valeurs i peuvent être des courants d'ionisation ou des grandeurs obtenues par photométrage de radiographies. Les témoins servent à obtenir expérimentalement la courbe $i=f(a)$ qui permet d'assigner aux valeurs i de l'échantillon les teneurs a respectives. Voici un exemple d'application de la radioanalyse à l'étude de la ségrégation dans les alliages Al — Cu.

Par assemblage d'aluminium raffiné et de tôles de cuivre, on prépare des témoins de 5^{mm} d'épaisseur correspondant à différentes teneurs connues en cuivre. Ces témoins sont sertis, par six, dans des plaques-supports dont l'opacité aux rayons X correspond approximativement à la teneur moyenne en Cu des six témoins. Dans la pièce à étudier on découpe, par usinage, une plaque plan-parallèle de 5^{mm} d'épaisseur. Les témoins et la plaque, entourée de pâte



équiopaque, formée de 5,75 % de PbO et 94,25 % de pâte à modeler, sont mis directement au contact d'un film pour radiographie. Ce film se trouve sur une feuille de plomb parfaitement plane. (Les précautions prises servent à éviter l'influence du rayonnement secondaire.) L'ensemble se trouve dans une boîte étanche à la lumière, dont la face par laquelle entrent les rayons X est en papier noir. L'irradiation a été faite à 47 kV max. et 3 mA, la distance objet-foyer étant 120^{cm}, avec un temps de pose de 45 secondes, choisi pour que la courbe $i = f(a)$ soit une droite à pente raide (*fig.* 2). Le photométrage des radiographies a été effectué de 1/4 en 1/4 de millimètre à l'aide d'un microphotomètre, la surface photométrée, par une mesure, étant $0^{mm},25 \times 1^{mm},4$.

La courbe $a_{Cu} = F(x)$ (*fig.* 1) donne la variation de la teneur en cuivre le long d'un diamètre d'une rondelle, découpée perpendiculairement à l'axe d'une barre, brute de filage, de diamètre $D = 19^{mm}$, en alliage Al — Cu raffiné. La teneur moyenne en Cu suivant la section examinée est donnée par

$$a_{Cu\,moy.} = \frac{\left[\int_0^D F(x)\,dx\right]}{D} = 4,33,$$

ce qui est en accord avec la valeur 4,39 trouvée par l'analyse électrochimique de la rondelle entière. La courbe $a'_s = a'_{Cu} = \varphi(x)$ (*fig.* 1) est le résultat de la

radioanalyse de la région périphérique, à l'endroit d'une *sueur*, d'un plateau en duralumin ($a_1 = 0,35$ Fe, $a_2 = 0,59$ Si, $a_3 = 0,67$ Mn, $a_4 = 0,89$ Mg, $a_5 = 4,87$ Cu, $a_6 = 92,63$ % de Al). L'indice de Cu moyen, calculé à l'aide de la formule (3), d'après la composition chimique globale du fragment examiné, a été $a'_{5\,\text{moy.}} = a'_{\text{Cu moy.}} = 5,44$, ce qui concorde bien avec la valeur moyenne 5,6, trouvée par radioanalyse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le dépôt de ferrite dans les acides hypoeutectoïdes.* Note de MM. **Henri Jolivet** et **Albert Portevin**, présentée par M. Léon Guillet.

Au cours de la décomposition isotherme des austénites dans le domaine Ar′, deux phénomènes se produisent dans les aciers hypoeutectoïdes :

a. dépôt de ferrite à partir de germes situés aux joints des grains et croissance des plages formées;

b. dépôt d'un agrégat ferrite-cémentite en plages issues de centres de transformation situés en bordure de la ferrite préexistante [1].

Il est difficile d'isoler ces deux processus qui, lorsqu'ils ont pris naissance, évoluent simultanément et réagissent l'un sur l'autre. Les courbes quantité transformée-temps, qui affectent la forme de courbes en S, ne permettent pas, en général, de les analyser.

Toutefois, lorsque la transformation Ar′ ne débute qu'après un temps d'inhibition notable [2], les deux processus peuvent être séparés dans le temps d'une manière plus satisfaisante, le dépôt de la ferrite *proeutectoïde* s'effectuant seul au début de la transformation.

Un acier renfermant 0,65 % C, 0,6 % Mn et 0,6 % Mo remplit, par exemple, ces conditions. La figure 1 reproduit les courbes isothermes transformation-temps enregistrées entre 720 et 540° après un chauffage préalable à 950° durant 15 minutes.

La partie des courbes relative au dépôt de ferrite, antérieur au dépôt de l'agrégat, montre initialement une vitesse notable de transformation V_0 qui va décroissant et conduit à une amplitude *a*. Elle ne comporte pratiquement pas de zone accélérée.

Le dépôt ultérieur de l'agrégat se traduit, dans le domaine de température où il s'effectue (Ar′), par une accélération suivie d'un ralentissement dans la partie terminale (courbe en S) (*fig.* 1, courbes 2-3).

Les courbes enregistrées (superposition de deux courbes élémentaires) tendent vers l'un ou l'autre type (*fig.* 1, courbes 1 et 4) suivant que l'un ou l'autre processus (ferrite ou agrégat) devient prépondérant.

(1) A. Portevin et H. Jolivet, *Ann. Ac. Sc. Techn. Varsovie*, 4, 1937, p. 177.
(2) H. Jolivet et A. Portevin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 687.

La possibilité d'isoler le dépôt de ferrite proeutectoïde, au début de la transformation Ar′, permet d'étudier ses caractéristiques et de le relier au dépôt de ferrite qui est à l'origine de la transformation dans le domaine Ar″ (³).

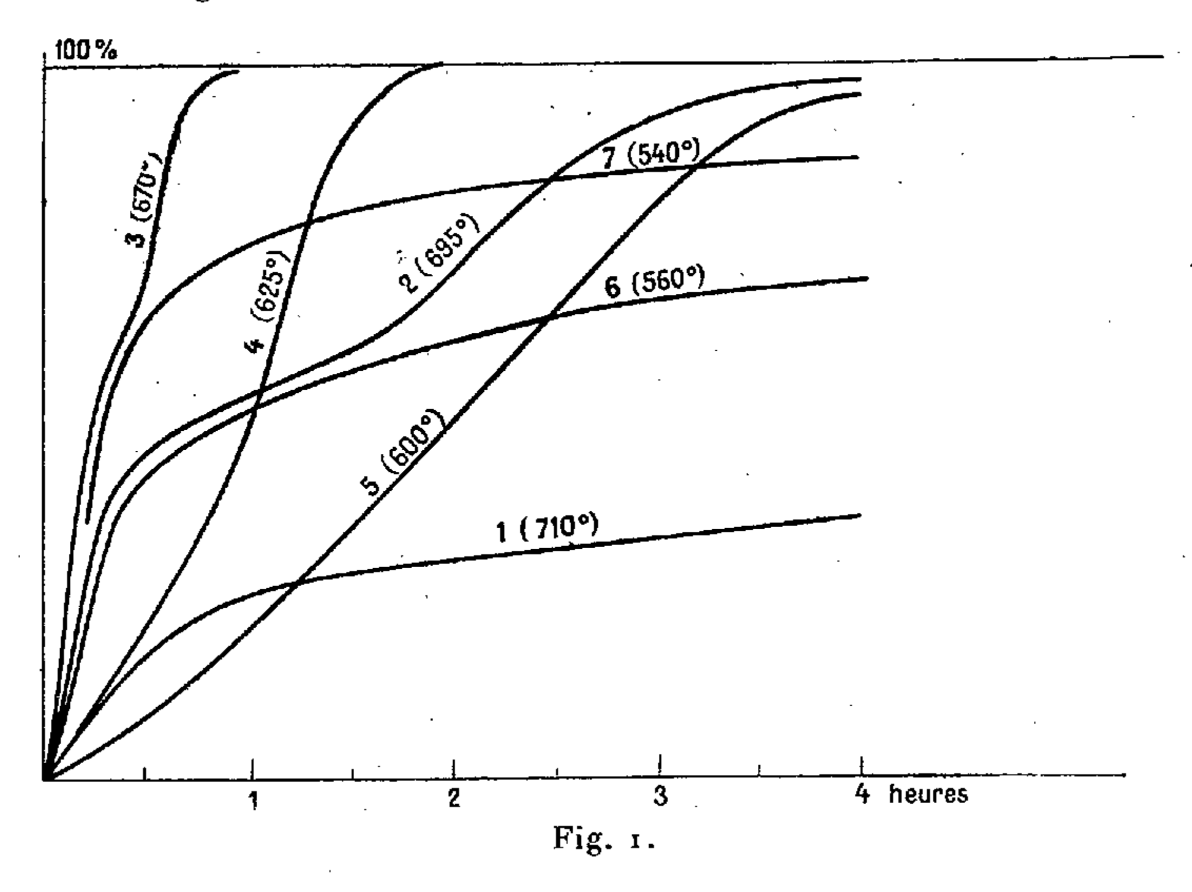


Fig. 1.

En fonction de la température de séjour isotherme, le mode de dépôt se modifie d'une manière continue :

a. aux températures les plus élevées (720 à 650°), la ferrite se développe en plages à contours convexes ;

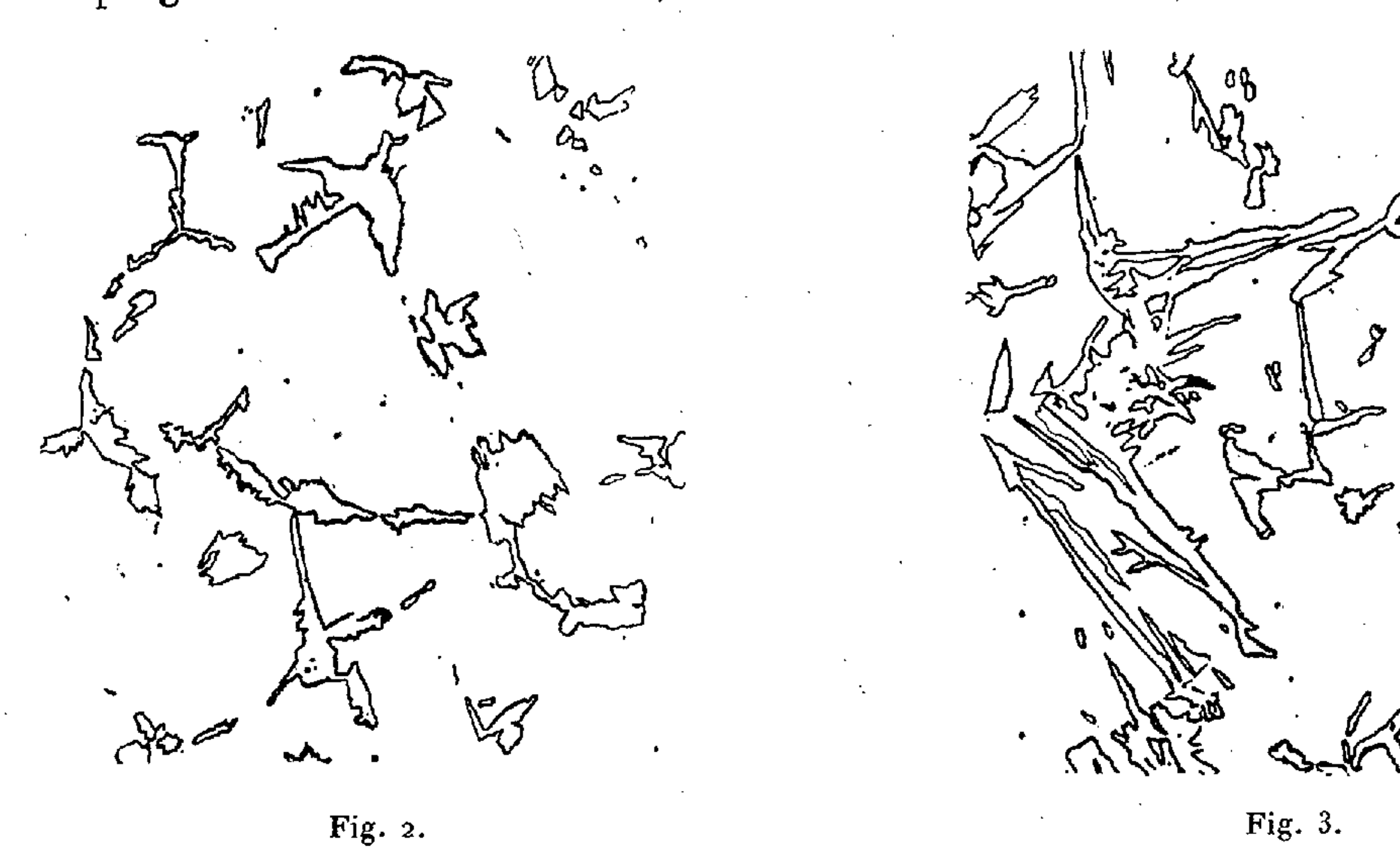


Fig. 2. Fig. 3.

b. aux températures intermédiaires (650 à 580°), il apparaît, sur leur pourtour, des prolongements orientés qui leur donnent un aspect déchiqueté (*fig.* 2) et prennent un développement croissant (*fig.* 3) ;

(³) A. PORTEVIN et P. CHEVENARD, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 772.

c. aux températures les plus basses (580-540°), le dépôt s'effectue essentiellement en éléments orientés parallèles aux directions cristallographiques de l'austénite.

Parallèlement, la cinétique de dépôt se modifie.

La vitesse V_0 et l'amplitude *a* varient dans le même sens. Ces deux facteurs croissent progressivement de 720 à 670° environ (courbes 1-2 3, *fig.* 1); ils décroissent ensuite et sont minima vers 600° (courbes 4 et 5, *fig.* 1); enfin, ils croissent à nouveau rapidement au-dessous de 580° (courbes 6 et 7, *fig.* 1).

L'importance du dépôt de la ferrite, d'abord croissante, décroît ensuite et passe par un minimum dans la région de transition entre la forme convexe et la forme orientée, puis croît à nouveau avec l'apparition de ce dernier mode de dépôt dans le domaine Ar''.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Relations entre la mésomérie du système anthracénique et l'état de labilité de l'oxygène des photooxydes.* Note de MM. **Charles Dufraisse, Robert Demuynck** et **André Allais**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'influence très grande qu'exercent les méthoxyles en 1.4 sur l'état de labilité de l'oxygène dans les photooxymésodiphénylanthracènes est due certainement à ce que les oxygènes des méthoxyles participent, par leurs doublets libres d'électrons, à la mésomérie du système anthracénique. Parmi les diverses formules limites impliquant une entrée en jeu de ces doublets, notre attention s'est portée surtout, comme il était naturel, sur celles où était perturbé l'arrangement électronique en méso, c'est-à-dire aux points d'attache de l'oxygène libérable des photooxydes (I). Nous avons alors remarqué, pour le corps diméthoxylé-1.4, la formule (II), à double perturbation en méso. Cette structure électronique se présente comme vraisemblablement assez stable de par sa distribution symétrique, son double caractère bétaïnique, son disposisif quinonique et enfin de par la concordance entre les actions des méthoxyles, d'où résulte une exaltation mutuelle de leurs effets. Il s'ensuit que la structure (II) doit contribuer, pour une part non négligeable, à la mésomérie des anthracènes diméthoxylés-1.4. Or cette structure est unique en son genre dans la série des anthracènes diméthoxylés. Pour le plus grand nombre des neuf autres isomères, l'entrée dans le système électronique général des deux paires d'électrons provenant des deux méthoxyles ne permet pas d'avoir simultanément la même perturbation sur les deux mésosommets : elle est sur l'un ou l'autre, mais pas sur les deux à la fois, à moins de recourir à des structures plus compliquées et plus instables, donc moins probables, comme des structures biradicales [ex. : (IV)], formées au prix du découplement d'un doublet, ou bien des structures alourdies par deux polarités supplémentaires, six au lieu de quatre [ex. : (V)], et qui, de surcroît, sont déséquilibrées quant à la répartition des charges.

Il y a cependant une structure qui se rapprocherait, à ce point de vue, de celle de l'isomère 1.4 : c'est celle de l'isomère 2.3. On en dérive, en effet, la structure limite (III), d'un type bien analogue, comme distribution et symétrie, à la structure (II), dérivée de l'isomère 1.4. La différence la plus saillante est dans l'écartement plus grand des pôles bétaïniques inverses et, au contraire, le rapprochement des pôles positifs, double changement d'où doit résulter une moindre stabilité de la structure et, par suite, une moindre contribution de

I II III IV V VI VII

Nota. — Les doublets libres d'électrons sont figurés par des traits tangentiels, suivant la notation proposée par Eistert, les électrons isolés étant figurés, suivant l'usage, par des points. Les polarités sont marquées par des signes entourés ⊕ et ⊖.

celle-ci à la mésomérie générale du système. Il est, par ailleurs, dans l'ordre des choses que leur éloignement du noyau central atténue l'action des méthoxyles sur les mésosommets.

En conséquence de cette analogie, l'isomère 2.3 devait se rapprocher de l'isomère 1.4 dans le comportement à la dissociation de son photooxyde et nous avions pensé que le photooxyde du corps diméthoxylé 2.3 serait facilement dissociable, quoique à un degré moindre que celui de son isomère 1.4, où l'effet de mésomérie est plus intense.

C'est ce qui a été confirmé expérimentalement. La dissociation du photooxymésodiphénylanthracène diméthoxylé en 2.3 (III), commence à 120° et est complètement terminée avant 150°, c'est-à-dire très en dessous de la température, 180°, à laquelle se dissocie le photooxyde non méthoxylé, celui du mésodiphénylanthracène simple. C'est la température la plus basse de dissociation que nous ayons enregistrée jusqu'ici, après celle de l'isomère 1.4. C'est la preuve d'un état de labilité de l'oxygène, moins accentué certes que chez l'isomère 1.4, comme il était prévu, mais beaucoup plus marqué que pour les autres photooxydes. La dissociation paraît aussi se produire à froid, mais elle serait de l'ordre de cent mille fois plus lente que celle de l'isomère 1.4, ce qui impose encore, pour confirmer le fait, une longue durée d'observation.

Pour voir l'influence d'une seule substitution β au lieu de deux, on a préparé le photooxyde du dérivé monométhoxylé en 2 (VII). La dissociation commence vers 160°, c'est-à-dire plus bas qu'en l'absence de méthoxyle (soit 180°), mais un peu plus haut que quand le méthoxyle est en 1 [soit 150° ([1])] (VI). Remarquons, à ce propos, que les deux anthracènes monométhoxylés en α et en β présentent des analogies avec les deux diméthoxylés di-α(1.4) et di-β(2.3) correspondants, tant par les structures limites, (VI) et (VII), comparables respectivement à (II) et (III), que par l'état de labilité de leurs photooxydes, cette labilité étant seulement plus accentuée chez les diméthoxylés 1.4 et 2.3, par suite de la concordance entre les effets des deux méthoxyles. Au contraire chez un autre diméthoxylé di-α, par exemple 1.8, celui dont on a figuré les formules limites (IV) et (V), il y a désaccord entre les actions des deux méthoxyles, cette discordance apparaît sur les formules (IV) et (V) et aussi expérimentalement ([2]), puisque la température de dissociation du photooxyde, soit 215°, est relevée non seulement au-dessus de celles des corps monométhoxylés (150° et 160°), mais même au-dessus des corps non méthoxylés (180°) : manifestement les deux méthoxyles contrarient leurs effets sur l'état de labilité de l'oxygène comme sur l'état mésomère de la molécule anthracénique. Il y a sans doute, dans cet ensemble de faits, autre chose que de simples coïncidences.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Variations, avec la température, des propriétés optiques des cristaux de chlorhydrate de conicine.* Note de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai indiqué ([1]) que les cristaux orthorhombiques de chlorhydrate de conicine deviennent uniaxes pour une radiation voisine de 0,620 μ à la température ordinaire. Dans l'extrême rouge, le plan des axes optiques est h^1 ; dans le violet, c'est p. J'ai continué l'étude de ce cristal avec des échantillons plus homogènes et plus purs et j'ai mesuré avec soin l'action des variations de température sur quelques grandeurs optiques, comme la longueur d'onde d'uniaxie λ_0, l'angle extérieur 2E des axes optiques, la biréfringence b des lames parallèles à g^1. Les résultats publiés ici précisent et complètent ceux qui ont été donnés précédemment. Les montages utilisés seront décrits ailleurs.

I. *Longueur d'onde d'uniaxie.* — λ_0 croît régulièrement avec la température, mais la loi de variation n'est qu'approximativement linéaire; elle est bien représentée entre 0 et 50° par la formule

$$\lambda_0 = 0{,}6130 + 0{,}00077\,t - 0{,}000004\,t^2,$$

comme le montre le tableau ci-après :

([1]) *Comptes rendus,* 215, 1942, p. 111.
([2]) *Comptes rendus,* 212, 1941, p. 270.

([1]) J. Jaffray, *Comptes rendus,* 213, 1941, p. 132.

t°..........	0.	10.	20.	30.	40.	50.
λ_0 calculé....	0,6130 μ	0,6203	0,6268	0,6325	0,6374	0,6415
λ_0 mesuré....	0,6130 μ	0,6204	0,6265	0,6318	0,6370	0,6418
Différence...	0,0000	—0,0001	0,0003	0,0007	0,0004	—0,0003

II. *Biréfringence des lames g^1.* — Si l'on convient de compter positivement la biréfringence b pour $\lambda < \lambda_0$ et négativement pour $\lambda > \lambda_0$, les deux courbes construites en portant en abscisses $1/\lambda^2$ se raccordent parfaitement pour $\lambda = \lambda_0$ et l'ensemble est presque une droite. Une formule unique comme $b = A + (B/\lambda^2) + (C/\lambda^4)$, où A, B, C sont des constantes, suffit pour représenter les variations de b entre 0,34 μ et 0,82 μ, à température constante. Par exemple, pour $t = 23°$,

$$b = -0{,}000\,940 + \frac{0{,}000\,331}{\lambda^2} + \frac{0{,}000\,014}{\lambda^4},$$

comme le montre le tableau suivant :

λ.	b calculé.	b mesuré.	Différence.
0,34 μ..................	0,00296	0,00300	—0,00004
0,40....................	167	165	0,00002
0,50....................	060	059	0,00001
0,60....................	008	010	—0,00002
0,628..................	001	000	0,00001
0,70....................	—0,00021	—0,00022	0,00001
0,80....................	—0,00039	—0,00043	—0,00004

Si, pour une radiation donnée, on mesure la biréfringence b_λ d'une lame g^1 à différentes températures, on constate que b_λ est une fonction linéaire de la température entre 0 et 50° :

$$b_{\lambda,t} = b_{\lambda,0} + at.$$

De plus, a varie très peu avec λ et on peut prendre pour valeur moyenne entre 0,34 et 0,82 μ, $a = 0{,}0000018$. D'où la formule générale

$$b_{\lambda,t} = b_{\lambda,0} + 0{,}0000018\,t.$$

L'ordre d'interférence $J = b/\lambda$ décroît constamment quand la longueur d'onde croît en s'annulant pour la longueur d'onde d'uniaxie. Il est possible que J passe par un minimum (aux environs de $\lambda = 1$ μ), comme cela a déjà été observé (pour des longueurs d'onde diverses) avec la cérusite ([2]), la calamine ([3]), le sel de Seignette ammoniacal et le carbonate d'argent ammoniacal ([4]) qui présentent aussi le phénomène de croisement des axes optiques.

D'après ce qui précède, l'ordre d'interférence croît avec la température pour chaque longueur d'onde.

III. *Angle extérieur des axes optiques.* — Pour représenter les variations de l'angle extérieur 2E des axes optiques en fonction de la longueur d'onde, à une température donnée, il est particulièrement simple, comme l'a indiqué

([2]) P. Sève, *Bull. Soc. fr. Min.*, 43, 1920, p. 9.

([3]) P. Sève, *Journ. de Phys.*, 6e série, 5, 1924, p. 249.

([4]) C. Gaudefroy, *Bull. Soc. fr. Min.*, 46, 1923, p. 20.

P. Sève ([5]), de porter en ordonnées $\sin^2 E$ quand le plan des axes est h^1, $-\sin^2 E$ quand le plan des axes est p et en abscisses $1/\lambda^2$. On obtient deux courbes qui se raccordent parfaitement pour $\lambda = \lambda_0$ et donnent l'apparence de la continuité.

Quand la température varie, les courbes $\sin^2 E$, $1/\lambda^2$ conservent la même forme et se déduisent l'une de l'autre par une translation parallèle à l'axe des abscisses, si toutefois 2E reste suffisamment petit. Le sens de cette translation est tel que, lorsque la température croît, les axes optiques contenus dans h^1 se rapprochent tandis que ceux qui sont dans p s'écartent.

De ce faisceau de courbes tracées pour différentes températures, on peut déduire la variation de 2E avec la température, pour une longueur d'onde donnée. Voici, à titre d'exemple, ce qu'on obtient pour la lumière jaune du sodium entre 0 et 50° :

t°.....	0.	10.	15,5.	18.	20.	23.	30.	38.	40.	50.
2E ([a])...	17°30′	20°18′	–	–	22°35′	–	24°30′	–	25°10′	–
2E ([b])...	17°40′	20°30′	21°40′	22°	–	23°30′	–	25°30′	–	25°40′

([a]) Graphique ([b]) Mesure directe.

LITHOLOGIE. — *Sur les associations de* minéraux lourds *dans quelques formations post-crétacées du Bassin Parisien (région au sud de la Seine).* Note de M. **Boris Brajnikov**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La surface des assises crétacées et tertiaires du Bassin de Paris est parsemée d'innombrables lambeaux de formations sableuses dont l'origine et l'âge stratigraphique ne sont, pour la plupart, qu'imparfaitement connus ([1]). Les résultats exposés dans cette Note sont fondés sur l'examen des minéraux lourds ($D > 2,9$) d'un certain nombre d'échantillons de telles formations pris au hasard, sans souci de leur position stratigraphique exacte. La région géographique intéressée est grossièrement circonscrite par les cours de la Seine, de la Touques et le parallèle de Chartres. Dans ces conditions, les associations types de minéraux n'ont qu'une valeur régionale. Une signification stratigraphique précise n'apparaîtra que lorsque l'analyse minéralogique des formations, datées sans ambiguïté, sera suffisamment avancée.

Les minéraux lourds reconnus peuvent être rangés en quatre catégories :

I. *Zircon, tourmaline, rutile* (minéraux *stables*).

II. *Disthène, staurotide, andalousite, sillimanite* (minéraux de métamorphisme).

([5]) *Ann. de Phys.*, 17, 1932, p. 137.

([1]) Certains de ces lambeaux ont été successivement attribués à des étages très divers du Tertiaire, selon les idées et les critères qui ont guidé les auteurs, sans que des arguments suffisamment probants aient été fournis pour lever le doute. Pour les discussions relatives à ce sujet, voir par exemple G. Denizot, *Les formations continentales de la région orléanaise* (*Thèse*, 1927); R. Furon, *Bull. Soc. Géol. France*, 4, 1934, p. 493.

III. *Grenats*, *augite* (²) (minéraux de caractère régional).

IV. Minéraux accessoires dont la valeur analytique est encore à préciser, transparents (*micas noirs*, *amphiboles*, *anatase*, *monazite*, *corindon* etc.) et opaques.

Dans les limites de chacune de ces catégories, les rapports numériques entre les espèces minérales qui la composent varient largement suivant les gisements, certaines des espèces pouvant même manquer. Les associations réelles sont formées par la juxtaposition de trois ou quatre de ces catégories en proportions variables.

Les deux premières catégories (I et II) constituent, pour ainsi dire, le *fond* de toutes les associations étudiées; elles sont ubiquistes. Numériquement, c'est généralement la catégorie I qui domine, le rapport I/II variant de 1 à 3.

Sur ce fond, qualitativement assez monotone, les espèces de la catégorie III apparaissent, tantôt en légères arabesques, tantôt en traits lourds arrivant à le dominer, voire même à le masquer presque entièrement. Les minéraux de la catégorie IV sont généralement présents, mais en faible quantité.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble qu'il faut fonder la principale distinction des types d'association sur la présence ou l'absence des espèces de la catégorie III. Ceci étant admis, on distinguera trois groupes régionaux d'associations :

1° Le groupe de la Rille (*groupe R*), occupant la région à l'Ouest de l'Eure et caractérisé par la présence des minéraux des catégories I, II et IV, à l'*exclusion* de ceux de la catégorie III;

2° Le groupe de l'Eure (*groupe E*), occupant la vallée et les abords de cette rivière et caractérisé par la présence de l'*augite* à côté des minéraux d'autres catégories;

3° Le groupe de la Beauce (*groupe E*), développé à l'Est de l'Eure et caractérisé par la présence de *grenats*.

Il semble que, dans le *groupe B*, l'on puisse distinguer deux subdivisions ayant une valeur stratigraphique :

Groupe B_1, caractérisé par la présence de *grenats* seuls;
Groupe B_2, caractérisé par la présence de *grenats* et de l'*augite*.

Malgré le peu de données dont on dispose actuellement sur la constitution minéralogique des dépôts du Bassin Parisien, il est néanmoins permis de déduire que les associations types des *groupes R* et *B_1* sont « traditionnelles » pour chacune des régions. En effet, les mêmes minéraux, bien qu'en proportions relatives différentes, se rencontrent dans les formations tertiaires et crétacées plus anciennes que celles étudiées ici (³). Toutefois, il faut se

(²) L'augite, dont il est question dans cette Note, est de couleur mauve clair, très fraîche et transparente; elle se distingue sans peine des pyroxènes verts que l'on rencontre ailleurs dans le Bassin Parisien.

(³) Ceci résulte de l'étude de quelques coupes géologiques et des données publiées pour

borner à cette constatation. Les données manquent pour savoir si ces minéraux sont directement *hérités* des dépôts secondaires du Bassin, ou si la similitude qualitative des associations n'est qu'un effet de la similitude des provinces d'alimentation à des époques géologiques différentes.

La grande nouveauté minéralogique dans l'histoire du Bassin est l'apparition de l'augite, qui démontre un changement profond, d'ordre pétrographique ou morphologique, dans les provinces d'alimentation du Bassin Parisien. L'âge géologique de ce phénomène de premier ordre peut être fixé avec une assez bonne précision, car il semble qu'aux environs de Paris, l'augite apparaît pour la première fois dans les « sables de Lozère » burdigaliens à Trappes. Cette hypothèse, si elle se confirme, fera de l'augite le *minéral caractéristique* du Miocène régional, et permettra la discrimination entre les dépôts de cette époque et les dépôts plus anciens (stampiens, sparnaciens etc.). On est tenté de voir un rapport entre ce phénomène et le volcanisme tertiaire de l'Auvergne.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Découverte d'une* tjäle *en rapport avec un sol réticulé dans l'Oisans.* Note de M. **Jean Demangeot**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La plupart des chercheurs assignent à la *tjäle* un rôle essentiel dans le mécanisme générateur des sols polygonaux, spécialement en pays polaires. Selon les théories, ce rôle est dû, soit à la faible température de la tjäle, soit à son imperméabilité qui retient, au dégel, un excès d'eau près de la surface du sol et réalise un *système clos*.

Pourtant, malgré des découvertes assez nombreuses déjà de sols réticulés montagnards, personne, jusqu'à présent, à part J. Frödin dans les Pyrénées ([1]), n'avait mis à jour avec certitude la surface de ce sous-sol présumé gelé, le cas signalé en Haute-Tarentaise ([2]) n'étant pas certain. Ces circonstances, jointes à des considérations climatiques et morphologiques, avaient amené à écrire d'une part qu'un substrat rocheux pourrait tenir lieu de tjäle, d'autre part qu'il pourrait exister *une différence de degré d'achèvement sinon de nature entre les sols polaires à tjäle et les sols alpins sans tjäle* ([3]).

Or, en juin 1942, découvrant en Oisans de nouveaux exemples de sols polygonaux et de sols rayés ([4]), j'ai exhumé *une tjäle authentique*. Le site est celui du Col des Ruillans, qui enselle à 3200^{m} une crête rocheuse grossièrement Sud-Nord séparant le glacier de la Girose du Glacier du Vallon.

---

le Crétacé par M. L. Cayeux (*Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires*, Lille, 1897), et pour le Stampien par H. Alimen et A. Vatan (*Bull. Soc. Géol. franç.*, 7, 1937, p. 141).

([1]) *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 1924, pp. 21-53.

([2]) J. Demangeot, *Rev. Géog. Alpine*, 1941, pp. 337-352.

([3]) J. Demangeot, *Procès-verbaux de la Soc. Sc. du Dauphiné*, juin 1942.

([4]) Rappelons que les premiers le furent par A. Allix (*La Géographie*, 1923, p. 1).

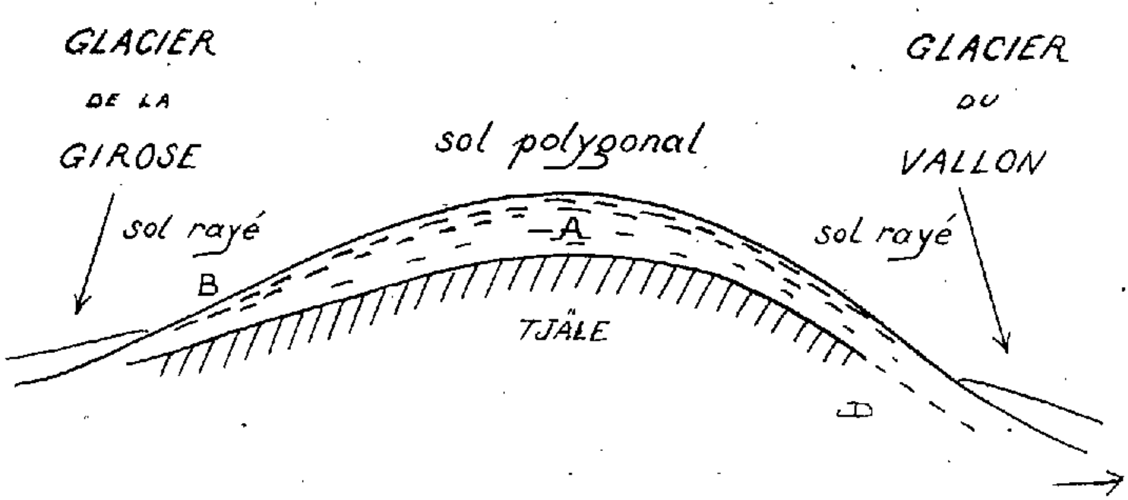
Il émerge d'une dizaine de mètres à peine du manteau des névés et sa topographie amollie révèle la faible résistance des schistes noirs du Lias. Le substrat est recouvert de matériel très menu et meuble, et les éclats schisteux dessinent des figures de nivation classique : au sommet du col, petits polygones boueux et tumescents en leur centre, sur les versants rayures allongées selon la plus grande pente. Quelques fouilles pratiquées dans cette couche révélèrent la présence indiscutable d'une tjäle : surface glacée au toucher et suffisamment dure pour faire rebondir le piolet. Les fragments arrachés se montrèrent composés de fins débris schisteux soudés par des cristaux de glace.

De ces faits on peut tirer quelques conclusions d'ordre général :

1° Les sols rayés observés au Col de Ruillans sont bien, selon l'idée classique, des polygones déformés par la solifluction; ils s'apparentent à ceux du Col de l'Iseran. Par leur origine thermoconvective probable et leur direction perpendiculaire aux courbes de niveau, ils se distinguent des raies observées dans de petits thalwegs (vallon du Loup en Haute-Ubaye, par exemple) qui sont dues à la convergence du *creep* des versants. *Il existerait donc deux catégories de sols rayés.*

2° Le diamètre de nos polygones est en moyenne de $0^{m},10$ et la tjäle est à environ $0^{m},50$ de profondeur. Donc, si le rapport déterminé par V. Romanovsky (5) entre la largeur et l'épaisseur de la cellule tourbillonnaire est bien de 1,7, le fond de cette cellule ne coïncide pas constamment avec la tjäle.

3° Comme l'a soupçonné H. W. son Ahlmann (6), *la surface de la tjäle n'est pas parallèle à la surface topographique.* Enfouie à $0^{m},50$ du sommet en A



Coupe schmatique du Col des Ruillans (3200^{m}).
Hauteurs exagérées (hauteur du col au-dessus des glaciers : 10^{m}).

et à $0^{m},20$ au bas du versant en B, elle dessine une courbe moins convexe que le profil du col (*fig.* 1). Deux explications sont possibles : la tjäle s'enfonce au fur et à mesure que pénètre la chaleur estivale, A est donc désenneigé plus tôt que B; mais on peut aussi penser que la tjäle est nourrie en B par l'eau de fusion de la marge du névé et l'eau de ruissellement interne du versant.

---

(5) *Bull. de l'Association de Géographes français,* nov. 1940.

(6) H. W. son Ahlmann, *Geografiska Annaler,* 1936, pp. 7-19.

Pourquoi les fouilles pratiquées jusqu'ici dans les sols réticulés n'ont-elles pas mis à jouer une tjäle authentique? C'est sans doute qu'on a toujours opéré trop tard, la tjäle s'étant enfoncée peut-être jusqu'à la roche en place. Nous avons eu la chance d'une année exceptionnellement désenneigée qui a permis de creuser dès le mois de juin, alors que la température moyenne de l'air n'était pas encore élevée.

On peut supposer enfin que le mécanisme générateur des polygones fonctionne par intermittence et au moment où le rapport entre la taille du matériel, la quantité d'eau nivale et la profondeur de la tjäle atteint l'optimum. Comme les deux derniers éléments du trinome sont des variables complètement indépendantes et que, seule, la taille du matériel est sensiblement constante en un lieu donné, l'*instant favorable doit être rare et essentiellement fugitif*. On est donc amené à conclure qu'il existe dans la *vie* du sol polygonal des périodes de sommeil et des périodes d'activité, ces dernières devant plutôt se situer au printemps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le système phosphatasique de la muqueuse intestinale.* Note de M. **Jean Roche**, M[lles] **Simone de Laromiguière** et **Alice Laurens**, présentée par M. Maurice Javillier.

La présence de phosphatases dans la muqueuse intestinale est démontrée depuis longtemps (Kay, Neuberg et Wagner, Roche), mais il n'existe d'étude générale ni sur les caractères de ces enzymes, ni sur le système phosphatasique de l'intestin. Nous nous sommes proposé de poursuivre des recherches à ces divers sujets sur la muqueuse intestinale du Chien. En voici les principaux résultats :

I. Le système phosphatasique intestinal est constitué par une phosphomonoestérase, une phosphodiestérase, une pyrophosphatase et une adénylpyrophosphatase de pH optimum d'action alcalin, alors que la plupart des autres organes animaux (foie, rate, rein) renferment en outre des phosphatases actives en milieu acide (1).

II. La phosphomonoestérase et la pyrophosphatase, dont l'intestin est une source très riche, ont été adsorbées sur kaolin à pH 4,5 et mises en élution à pH 9,0. En combinant ces opérations à la précipitation des éluats par l'acétone (70 %), il a été possible d'obtenir des préparations purifiées très actives renfermant les deux enzymes. L'adsorption sur cholestérol à pH 4,5 et l'élution à pH 9,0 ont permis d'éliminer partiellement la pyrophosphatase, mais une séparation complète de la phosphomonoestérase n'a pas pu être réalisée. Les deux phosphatases présentent le même pH optimum de stabilité (pH 5-6) et sont détruites à la même température (58°) par un chauffage de 10 minutes à pH 9,2.

(1) Toutefois certains extraits de muqueuse intestinale contiennent des traces d'une phosphoestérase active à pH 4,0.

III. La phosphomonoestérase dédouble les β-glycérophosphates préférentiellement aux α-, au pH optimum de 9,2. Comme la pyrophosphatase et la phosphodiestérase, de pH optimum respectif 7,8 et 8,7, elle est activable par les ions Mg^{++} (qMg optimum = 2,5). A ces divers égards, les enzymes de l'intestin paraissent identiques aux phosphatases alcalines des autres organes.

IV. Les thiols (cystéine, glutathion) inhibent la phosphomonoestérase, l'adénylpyrophosphatase et, à un degré moindre, la pyrophosphatase, les disulfures correspondants étant beaucoup moins actifs (M/1000-M/100). L'acide ascorbique (M/1000) exerce une inhibition énergique de la pyrophosphatase et une très faible activation de la phosphomonoestérase, l'acide déhydroascorbique étant sans action. Le sulfite de sodium et, d'autre part, divers oxydants (eau oxygénée, ferricyanure de potassium, acide monoiodacétique) ne provoquent aucune modification systématique de l'hydrolyse phosphatasique des substrats étudiés. Le cyanure de potassium, faiblement activateur de la pyrophosphatase à concentration M/2000-M/1000, l'inhibe à un taux plus élevé, tandis qu'il gêne le dédoublement des glycérophosphates même à très faible concentration.

Ces divers faits suggèrent l'hypothèse que l'action des thiols, de l'acide ascorbique, des cyanures, est due, au moins partiellement, à la formation de complexes avec un ou plusieurs métaux présents dans le coenzyme (Massart et Dufay, Cloetens) et non au pouvoir réducteur de ces corps.

V. L'acide cholique est pratiquement sans action sur les phosphatases de l'intestin, alors qu'il inhibe la phosphomonoestérase du rein, de l'os (Bodansky). Les acides aminés (glycocolle, alanine) n'activent à un degré appréciable que la phosphomonoestérase, comme dans d'autres organes animaux. Les fluorures et les oxalates alcalins sont très faiblement inhibiteurs ou indifférents selon la préparation étudiée.

VI. La purification de la phosphomonoestérase et de la pyrophosphatase, par divers procédés, ne modifie pas sensiblement leurs caractères d'activabilité ou d'inactivabilité. De ce fait, il est certain que les équilibres d'oxydoréduction auxquels participent l'acide ascorbique et les thiols exercent une influence indirecte sur l'hydrolyse des esters phosphoriques et des pyrophosphates dans la muqueuse intestinale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la nature de la vitamine P. Activité de la catéchine (pentahydroxyphénylbenzo-γ-pyranne) sur la résistance capillaire.* Note de MM. **Jean Lavollay** et **Jean-Louis Parrot**, présentée par M. Maurice Javillier.

Depuis les travaux de Szent-Györgyi [1] la vitamine P est considérée comme une substance du groupe de la flavone (phénylchromone). Nous avons

[1] Cf., en particulier, Armentano, Bentsáth, Beres, Rusznyak et Szent-Györgyi, *Deutsch. Med. Woch.*, 33, 1936, p. 1325; Bentsath, Rusznyak et Szent-Györgyi, *Nature*, 138, 1936,

été conduits à l'étude de composés résultant de la réduction en CH^2 du CO situé en 4 (dérivés du phénylchromane). Nous avons constaté la haute activité de la *catéchine* sur la résistance capillaire.

La notion de vitamine P repose sur les expériences cliniques de Szent-Györgyi : les extraits de Citron et de Paprika augmentent la résistance capillaire chez l'Homme et font disparaître certains purpuras, alors que l'acide ascorbique ne possède pas cette action. Szent-Györgyi supposa que les phénomènes hémorragiques du scorbut étaient également dus à la carence en cette vitamine P. Cependant ni Zilva (2), ni Szent-Györgyi (3) ne purent reproduire l'expérience qui avait paru confirmer cette hypothèse. Les premiers résultats cliniques furent attribués par Szent-Györgyi à l'hespéridine, hétéroside de l'hespérétol, dérivé de la flavanone; puis, lorsqu'il fut établi (2) que cette substance est dénuée d'activité, à un hétéroside de l'ériodictyol [formule (I) ci-après], également dérivé de la flavanone. Plus tard Szent-Györgyi considère *la flavone* comme douée de la propriété vitaminique P, à la suite de recherches de Huszàk montrant (1938) le rôle de certains dérivés de la flavone dans l'oxydation peroxydasique de l'acide ascorbique chez les végétaux. Les faits cliniques ont été confirmés par plusieurs auteurs, notamment Scarborough (3); le fait expérimental de l'augmentation de la résistance capillaire l'a été également (Zacho) (4).

Guidés par une hypothèse de travail concernant le mécanisme de l'action vitaminique P (5), nous avons trouvé que les extraits actifs possèdent la propriété d'inhiber *in vitro* l'autoxydation de l'adrénaline. Un certain nombre de substances appartenant aux groupes des flavones et des flavonols possèdent cette propriété à différents degrés. Les mêmes substances augmentent la résistance capillaire des cobayes et des lapins carencés ou non (6).

Les effets pharmacodynamiques de l'adrénaline sur les organes isolés sont nettement prolongés par la présence de ces substances dans le bain (7). Pour étudier les effets physiologiques de l'adrénaline sur l'animal, nous avons choisi comme test la contraction de la membrane nictitante du Chat; le prolongement de l'action de l'adrénaline sous l'influence des mêmes substances ne put être confirmé.

C'est pourquoi nous nous sommes dirigés vers l'étude de substances dérivées du chromane et proches parentes des pigments flavoniques, afin de voir si

p. 798; Bruckner et Szent-Györgyi, *ibid.*, p. 1057; Bentsath et Szent-Györgyi, *ibid.*, **140**, 1937, p. 426.

(2) *Biochem. J.*, **31**, 1937, p. 915; *Nature*, **140**, 1937, p. 588; Bentsath et Szent-Györgyi, *ibid.*, **140**, 1937, p. 426.

(3) *Biochem. J.*, **917**, 1939, p. 1400.

(4) *Acta Path. et Microb. Scand.*, **16**, 1939, p. 144.

(5) Lavollay et Neumann, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 251.

(6) Expériences inédites de Sévin et de nous-mêmes.

(7) Lavollay, *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 1193.

certaines d'entre elles ne posséderaient pas à la fois la propriété d'augmenter la résistance capillaire et celle de prolonger les effets de l'adrénaline *in vivo*.

A partir du cachou d'Acacia catechu nous avons préparé ([8]) de la catéchine cristallisée (3, 5, 7, 3', 4'-pentahydroxyphénylbenzo-γ-pyranne [formule (II)].

(I) Ériodictyol. (II) Catéchine.

Nous avons trouvé que ce produit accroît *considérablement* la résistance capillaire du Cobaye et qu'en outre il permet d'augmenter la durée d'action de l'adrénaline sur la membrane nictitante du Chat. Nous avons établi que cette dernière propriété n'est pas le fait des impuretés suivantes : acides protocatéchique et cachoutannique, pyrocatéchol et quercétol. Jusqu'à plus ample informé l'activité doit donc être attribuée à la catéchine elle-même.

Cette substance, généralement présente chez les végétaux, possède une très haute activité sur la résistance capillaire du Cobaye; *elle est donc douée d'une propriété vitaminique* P *très élevée*. En outre son action sur l'effet de l'adrénaline *in vivo* vient à l'appui de notre hypothèse sur le mode d'action de la vitamine P.

En résumé cette vitamine fut d'abord identifiée à l'hespéridine, puis à l'ériodictyol; ses effets parurent ensuite l'apanage de toute une classe de corps, celle des flavones. *Aucune des substances mises en cause jusqu'à présent ne possède ces propriétés à un degré aussi élevé que la catéchine.*

IMMUNOLOGIE. — *Immunisation active contre le charbon au moyen d'un vaccin anavirulent et stimulé.* Note ([1]) de MM. **Gaston Ramon**, **André Boivin** et **Rémy Richou**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons cherché à appliquer, dans le domaine de l'immunisation active contre le charbon, le double principe des vaccins anatoxiques et des substances adjuvantes de l'immunité, dans le but d'obtenir ce que nous désignerons sous la dénomination de vaccin charbonneux *anavirulent* ([1]) et *stimulé* ([2]).

([8]) Par une technique étudiée avec J. Sevestre.

([1]) Séance du 16 novembre 1942.

([2]) Du grec *ana* qui indique un renversement et qui signifie aussi *contraire*; d'où anatoxique = qui n'est plus toxique; anavirulent = qui n'est plus virulent. Le préfixe *ana* est donc particulièrement bien choisi pour désigner à la fois le sens et la signification qu'on attache au mot nouvellement formé. En outre, l'usage a depuis 20 ans conféré au mot *anatoxine* le double sens *qui n'est plus toxique et qui est encore antigène;* de même, et par extension, nous attacherons au qualificatif *anavirulent* la double signification *qui n'est plus virulent, mais demeure immunisant.*

([3]) Sous-entendu : dans son activité immunisante.

De nombreux essais préliminaires, poursuivis d'abord *in vitro*, puis chez le Cobaye et chez le Lapin, nous ont permis d'établir, pour la préparation d'un tel vaccin, la technique suivante :

Une culture âgée de 48 heures en bouillon gélosé (1,5 de gélose pour 1^l de bouillon) d'une souche de bactéridie charbonneuse aussi virulente que possible, est additionnée d'une suspension (en solution phosphatée pH 7,4) obtenue en partant d'un ensemencement de la même souche sur milieu gélosé solide, en boîtes de Roux ([4]). On ajoute du formol à raison de 0^{cm^3},4 de la solution commerciale d'aldéhyde formique pour 100^{cm^3} de suspension de bactéridies préparée comme il vient d'être dit, et l'on porte à l'étuve à 41-42°. Après 4 jours d'exposition à cette température, on s'assure, à la fois par des ensemencements en bouillon et sur gélose et par des inoculations au Cobaye, que la suspension bactéridienne soumise à l'action simultanée du formol et de la chaleur ne contient plus aucun élément microbien vivant, et qu'ainsi elle a bien été transformée en vaccin *anavirulent*. Après un certain nombre d'investigations effectuées avec diverses substances adjuvantes qui ont fait leurs preuves, tapioca, tanin, chlorure de calcium, saponine etc., nous avons choisi l'alun pour remplir, avec la gélose déjà présente dans le vaccin anavirulent, le rôle de stimulant ([5]). L'alun est ajouté au vaccin à raison de 2 % de ce dernier. Tel est le *vaccin anavirulent et stimulé*. Signalons qu'en prévision d'un emploi ultérieur dans la pratique, nous avons chauffé, afin de garantir sa stérilité, une certaine quantité de ce vaccin à 55° pendant 45 minutes (ainsi que nous le faisons pour les anatoxines) avant de l'utiliser dans quelques-unes de nos recherches.

Des expériences entreprises sur des lots comprenant chacun une dizaine de cobayes ou de lapins et portant au total sur plusieurs centaines d'animaux de ces deux espèces, il résulte que des cobayes et des lapins, qui ont reçu, sous la peau, par exemple deux doses de 2 et 3^{cm^3} chacune, à 10 jours d'intervalle, de notre vaccin anticharbonneux anavirulent et stimulé, résistent, en règle générale, dans une proportion de 60 à 80 %, à une dose de bactéridies virulentes, inoculées 12 jours après la deuxième injection et qui est mortelle pour les animaux témoins. La résistance ainsi conférée aux cobayes et aux lapins est remarquable si l'on considère la difficulté, déjà signalée par Roux et Chamberland dès 1888, d'immuniser ces animaux contre le charbon à l'aide de la méthode pastorienne.

En possession de ces données expérimentales, nous avons entrepris des essais chez le Mouton, qui, on le sait, est l'animal que l'on doit le plus souvent protéger contre le *sang de rate*. Dans un premier essai, deux moutons reçoivent une seule injection sous-cutanée de 2^{cm^3} de vaccin anavirulent stimulé, non chauffé pour l'un d'eux, chauffé pour l'autre; dans la suite, ils ne présentent aucune réaction générale, ils deviennent seulement porteurs, au point d'injection, d'un petit nodule inflammatoire dû en grande partie aux adjuvants de l'immunité et qui se résorbe lentement. Quatorze jours après l'injection de vaccin, ils résistent à l'inoculation d'une dose de bactéridies virulentes qui a amené en 44 heures la mort d'un mouton témoin. Dans une deuxième série d'essais, 6 moutons sont vaccinés dans des conditions variant d'un sujet à l'autre. Quatorze jours après l'injection vaccinale unique faite sous la peau, ils sont éprouvés à l'aide d'une dose de culture de charbon qui tue l'animal témoin en 36 heures à peine; un mouton, qui avait été soumis à l'injection de 2^{cm^3} de vaccin anavirulent, non additionné de substances stimulantes, meurt 48 heures après l'inoculation d'épreuve; un autre, qui avait reçu 1^{cm^3} seulement de vaccin, succombe en 72 heures; enfin, 4 moutons, qui avaient reçu soit 2^{cm^3}, soit 4^{cm^3} de vaccin anavirulent et stimulé chauffé ou non chauffé, résistent, sauf l'un d'eux dont la mort survint en 120 heures,

([4]) En général, nous avons utilisé la récolte de deux boîtes de Roux pour 200^{cm^3} de bouillon de culture.

([5]) Voir à ce sujet G. Ramon et A. Staub, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 132.

à l'épreuve, qui peut être considérée comme particulièrement sévère, puisqu'elle a emporté un mouton non vacciné, en un peu moins de 36 heures. Les deux premiers moutons immunisés avec notre vaccin et qui avaient bien supporté la première épreuve sont reéprouvés en même temps que les animaux de la deuxième série, mais avec une dose de bactéridies virulentes double de celle qui a amené la mort du témoin en 36 heures à peine. Ils résistent. Le fait que le mouton qui a été injecté avec le vaccin anavirulent non stimulé et que celui qui a reçu 1^{cm^3} seulement du vaccin complet ne possédaient qu'une faible immunité, souligne l'importance des substances stimulantes et celle de la dose de vaccin.

Sans doute reste-t-il encore quelques points à préciser; néanmoins il ressort d'ores et déjà de l'ensemble de nos recherches, qu'il est possible de conférer aux petits animaux de laboratoire comme au Mouton, à l'aide de notre vaccin anavirulent et stimulé, une immunité active contre le charbon, dont les résultats exposés permettent d'apprécier la valeur.

Cette nouvelle méthode d'immunisation anticharbonneuse diffère entièrement dans sa conception, dans son essence et dans sa réalisation technique, de la méthode pastorienne classique, laquelle consiste à provoquer, au moyen de deux injections de virus-vaccins de virulence atténuée, mais non abolie, *la maladie bénigne qui protège contre la maladie mortelle* (Pasteur). En dehors de l'intérêt doctrinal qu'elle présente, elle contribue à mettre en évidence le système immunologique créé par l'un d'entre nous, et qui repose à la fois sur le principe des anatoxines et sur celui des substances stimulantes de l'immunité. Ce système, de plus en plus fécond dans ses applications, fournit des moyens, anodins et efficaces, de lutte contre nombre de maladies infectieuses redoutables de l'Homme et des animaux domestiques.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le Président, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par le décès de M. *P. Séjourné*, présente la liste suivante :

En première ligne.............	M. **Joseph Bethenod**.
En seconde ligne..............	M. **Albert Pérard**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*..........	MM. **Pierre Chevenard**. **André Kling**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la séance du lundi 7 décembre.

La séance est levée à 17h15m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 NOVEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **CHARLES FABRY** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Propagation de la chaleur*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **GABRIEL BERTRAND** est désigné pour faire partie du Conseil d'administration de l'*Institut National Agronomique* en remplacement de M. *P. Marchal* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **JOSEPH BOUGAULT** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par le décès de M. *A. Desgrez*.

HYDRAULIQUE. — *Chambre d'équilibre avec canal d'amenée en* Y. Note de M. **LÉOPOLD ESCANDE**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous considérons une usine prenant l'eau dans deux lacs, dans lesquels les niveaux sont à une même cote, au moyen de deux canaux, de longueurs et de sections respectives L_1, f_1 et L_2, f_2, qui se réunissent en un point A en un canal unique, de longueur L, de section f, à l'extrémité aval B duquel est placée la chambre d'équilibre, de section horizontale constante F.

Soient, à l'instant t,

W_1, W_2, W, les vitesses dans les trois canaux, comptées positivement vers la chambre d'équilibre;

Z, la cote du plan d'eau dans cette chambre, au-dessus du niveau statique, comptée positivement vers le haut;

Z', la pression en hauteur d'eau, au-dessus de la pression statique, au point A;

V, la vitesse ascensionnelle du niveau dans la chambre d'équilibre;

Q, le débit absorbé par les turbines.

En négligeant toutes les pertes de charge et l'inertie de l'eau située à l'intérieur de la chambre d'équilibre, on obtient les six relations

$$(1)\qquad f_1 W_1 + f_2 W_2 = fW,$$

$$(2)\qquad fW = FV + Q,$$

$$(3)\qquad V = \frac{dZ}{dt},$$

$$(4)\qquad \frac{L_1}{g}\frac{dW_1}{dt} + Z' = 0,$$

$$(5)\qquad \frac{L_2}{g}\frac{dW_2}{dt} + Z' = 0,$$

$$(6)\qquad \frac{L}{g}\frac{dW}{dt} + Z - Z' = 0.$$

Traitons complètement le cas de l'arrêt total instantané du débit. On a, dans ce cas, $Q = 0$ dès l'instant initial, de telle sorte que les équations précédentes demeurent valables, sauf l'équation (2), qui est remplacée par la suivante

$$(2')\qquad fW = FV.$$

On tire de (4), (5) et (6)

$$(7)\qquad \frac{dW_1}{dt} = -\frac{g}{L_1}\left[\frac{L}{g}\frac{dW}{dt} + Z\right], \qquad \frac{dW_2}{dt} = -\frac{g}{L_2}\left[\frac{L}{g}\frac{dW}{dt} + Z\right].$$

On en déduit, d'après (1), (2) et (3) :

$$\frac{F}{gf}\,\frac{L(L_2 f_1 + L_1 f_2) + L_1 L_2 f}{L_2 f_1 + L_1 f_2}\,\frac{d^2 Z}{dt^2} + Z = 0,$$

ou

$$(8)\qquad \frac{d^2 Z}{dt^2} + \omega^2 Z = 0,$$

en posant

$$(9)\qquad \omega = \sqrt{\frac{gf}{F}\,\frac{L_2 f_1 + L_1 f_2}{L(L_2 f_1 + L_1 f_2) + L_1 L_2 f}};$$

on a donc

$$(10)\qquad Z = Z_M \sin \omega t,$$

compte tenu de la condition initiale

$$Q_0 = F\left(\frac{dZ}{dt}\right)_0 = F\omega Z_M,$$

on a :

$$(11)\qquad Z = \frac{Q_0}{F\omega}\sin \omega t,$$

$$(12)\qquad V = \frac{dZ}{dt} = \frac{Q_0}{F}\cos \omega t,$$

$$(13)\qquad W = \frac{FV}{f} = \frac{Q_0}{f}\cos \omega t.$$

(6) donne alors

$$Z' = \frac{L}{g}\frac{dW}{dt} + Z = \frac{Q_0}{F\omega}\left[1 - \frac{LF\omega^2}{gf}\right]\sin\omega t. \tag{14}$$

On a, dans (4),

$$\frac{dW_1}{dt} = -\frac{g}{L_1}Z' = -\frac{gQ_0}{L_1 F\omega}\left[1 - \frac{LF\omega^2}{gf}\right]\sin\omega t$$

et

$$W_1 = W_{10} - \frac{gQ_0}{L_1 F\omega^2}\left[1 - \frac{LF\omega^2}{gf}\right](1 - \cos\omega t). \tag{15}$$

On tire de même de (5)

$$W_2 = W_{20} - \frac{gQ_0}{L_2 F\omega^2}\left[1 - \frac{LF\omega^2}{gf}\right](1 - \cos\omega t), \tag{16}$$

les valeurs initiales W_{10} et W_{20} de W_1 et W_2 satisfaisant à la relation

$$f_1 W_{10} + f_2 W_{20} = Q_0.$$

Il résulte de l'ensemble de cette étude et, en particulier, de l'expression (9), que le canal en Y considéré est équivalent, au point de vue des oscillations dans la chambre d'équilibre, à un canal de section constante f, de longueur L' égale à

$$L' = \frac{L(L_2 f_1 + L_1 f_2) + L_1 L_2 f}{L_2 f_1 + f_1 L_2} = L + \frac{f}{\dfrac{f_1}{L_1} + \dfrac{f_2}{L_2}}. \tag{17}$$

On étend sans difficulté le calcul au cas où le nombre des canaux situés en amont de A et se réunissant en ce point est égal à n : le canal unique équivalent à l'ensemble du système a, dans ce cas, une section f et une longueur L'

$$L' = L + \frac{f}{\dfrac{f_1}{L_1} + \dfrac{f_2}{L_2} + \ldots + \dfrac{f_n}{L_n}}. \tag{18}$$

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Sur l'achromatisme des systèmes optiques centrés.* Note de M. **André Maréchal**, présentée par M. Charles Fabry.

Lorsqu'un système optique mince est plongé dans l'air, ou plus généralement lorsque les milieux extrêmes sont identiques, il peut être rendu achromatique pour tous les couples de points conjugués. Si, au contraire, les milieux extrêmes sont différents, les abscisses s_0, s_{2p} des points achromatiques seront les solutions du système de deux équations linéaires en $1/s_0$ et $1/s_{2p}$

$$\frac{n_0}{s_0} - \frac{n_{2p}}{s_{2p}} = \sum_{k=0}^{=p-1} \frac{n_{2k} - n_{2k+2}}{R_{2k+1}} \quad \text{(équation de conjugaison)};$$

$$\frac{\Delta n_0}{s_0} - \frac{\Delta n_{2p}}{s_{2p}} = \sum_{0}^{p-1} \frac{\Delta n_{2k} - \Delta n_{2k+2}}{R_{2k+1}} \quad \text{(condition d'achromatisme)},$$

on peut donc énoncer cette proposition :

Un système centré mince dont les milieux extrêmes sont différents

$$\left(\frac{\Delta n_0}{n_0} \neq \frac{\Delta n_{2p}}{n_{2p}}\right)$$

possède toujours un couple unique de points conjugués pour lesquels le chromatisme de position est supprimé.

En particulier une lentille mince, séparant deux milieux différents, possède un couple unique de points conjugués achromatiques, et l'on peut inversement déterminer les rayons de courbure R_1, R_3 d'une lentille de telle façon que deux points choisis à l'avance soient conjugués et achromatiques, comme le montre le système

$$\frac{n_0}{s_0} - \frac{n_4}{s_4} = \frac{n_0 - n_2}{R_1} + \frac{n_2 - n_4}{R_3},$$
$$\frac{\Delta n_0}{s_0} - \frac{\Delta n_4}{s_4} = \frac{\Delta n_0 - \Delta n_2}{R_1} + \frac{\Delta n_2 - \Delta n_4}{R_3}.$$

Cependant la relation de Lagrange montre que l'on ne peut espérer supprimer simultanément l'aberration chromatique de position et l'aberration chromatique de grandissement pour un système mince séparant des milieux différents. On peut alors se contenter d'un achromatisme de grandissement apparent, qui sera obtenu en plaçant les pupilles aux points achromatiques précédemment définis.

L'existence d'un couple unique de points achromatiques se généralise à un système de faible épaisseur séparant deux milieux différents. Dans le cas d'un système centré quelconque (milieux extrêmes différents ou non), Boulouch (¹) a montré qu'il existait deux couples, réels ou imaginaires, de points conjugués achromatiques. Pour un système mince ou peu épais, nous avons trouvé l'un des couples; l'autre couple est confondu avec le système s'il est mince, ou reste au voisinage du système s'il a une faible épaisseur.

Applications pratiques. — 1° Il peut être avantageux d'immerger certains galvanomètres dans un liquide organique, mais la dispersion de celui-ci peut produire l'étalement du spot. Pour éviter cet inconvénient, on placera le miroir, qui joue le rôle de pupille, au point achromatique du système mince limitant le liquide.

2° On peut constituer un objectif de monochromateur avec une lentille mince, en contact d'un côté avec un liquide dispersif qui joue le rôle de prisme. Il est possible de supprimer, en même temps que l'aberration chromatique, l'aberration de sphéricité pour le foyer de l'objectif. La variation de longueur d'onde peut être obtenue par rotation d'un miroir autocollimateur.

N. B. — Les calculs détaillés paraîtront dans la *Revue d'Optique*.

(¹) R. Boulouch, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1342.

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectroscopique de la décharge diffuse dans l'azote sous la pression atmosphérique.* Note de M. **Joseph Janin**, transmise par M. Charles Fabry.

Le tube à décharge utilisé, analogue à l'ozoniseur classique, est rempli d'azote *purifié* sous une pression voisine de la pression atmosphérique. Une tension alternative de 10 000 à 20 000 V produit une faible luminescence dont le spectre comprend, dans la région ultraviolette, les bandes du deuxième système positif de l'azote, quelques-unes des bandes négatives et les bandes interdites $A \to X$, dites de Vegard-Kaplan. D'autre part, la raie interdite $^4S - {}^2P$ de l'atome d'azote apparaît très nettement sur les clichés (longueur d'onde *mesurée* $3466,5 \pm 0,1$ Å); son intensité évolue parallèlement à celle des bandes $A \to X$, conformément aux considérations théoriques développées par divers auteurs (1).

Les longueurs d'onde des arêtes des bandes $A \to X$, telles qu'elles sont mesurées sur les spectrogrammes, conduisent à la formule

$$\nu(\text{cm}^{-1}) = 49762,5 + (1446,46\, v' - 13,93\, v'^2) - (2345,16\, v'' - 14,445\, v''^2).$$

Le tableau suivant permet la comparaison entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées.

(v', v'').	λ_{air} (obs.).	ν (obs.).	ν (calc.).	(v', v'').	λ_{air} (obs.).	ν (obs.).	ν (calc.).
	Å				Å		
(0,4)...	2461,46	40614,0	40613,0	(1,8)....	2996,82	33359,0	33358,3
(0,5)...	2603,51	38398,2	38397,8	(1,9)....	3198,22	31258,4	31258,9
(0,6)...	2760,84	36210,2	36211,5	(1,10)...	3425,10	29187,9	29188,0
(0,7)...	2935,65	34054,1	34054,2	(1,11)...	3682,9	27144,9	27146,0

La structure fine a été examinée pour la plupart de ces bandes. Chacune d'elles peut être considérée comme formée d'une branche P et d'une branche R, mais les raies correspondant aux nombres quantiques inférieurs de la branche P sont presque superposées à celles qui correspondent aux quanta plus élevés de la branche R. Dans les tableaux reproduits ci-après, à titre d'exemples, les fréquences déduites des observations figurent en regard des valeurs calculées à partir des constantes de rotation données par Sponer (2).

(1) M. Nicolet, *Mémoires de l'Institut Royal Météorologique de Belgique*, **11**, 1939, p. 27; R. Bernard, *Annales d'Astrophysique*, 4, 1941, pp. 13-29.

(2) *Molekülspectren*, Berlin, 1939.

Bande (1,8), $\lambda = 2997$ Å, origine estimée à 33354,0.

K″.	P calc.	Obs.	R calc.	K″.
			33355,9	0
			57,9	1
			59,1	2
		33359,0	59,3	3
			58,7	4
			57,4	5
			55,1	6
		50,8	52,0	7
1	33349,4		48,1	8
2	44,9		43,4	9
3	39,6	38,3	37,8	10
4	33,3	30,9	31,3	11
5	26,2	22,5	24,0	12
6	18,3	16,9	15,8	13
7	09,5	10,3	06,7	14
8	299,9	01,4	295,9	15
9	89,4	290,0	86,1	16
10	78,0	79,8	74,5	17
11	65,8	68,2	62,1	18
12	52,9	56,2		
13	39,0	40,0		
14	24,2	27,2		
15	08,7	12,8		
16	192,3	192,5		
17	75,0	74,3		
18	56,9	55,7		

Bande (1,9), $\lambda = 3198$ Å, origine estimée à 31252,8.

K″.	P calc.	Obs.	R calc.	K″.
			31254,7	0
			56,8	1
			58,0	2
		31258,4	58,4	3
			58,0	4
			56,8	5
			54,7	6
		51,7	51,9	7
1	31248,2		48,2	8
2	43,8	44,9	43,8	9
3	38,5	38,5	38,5	10
4	32,4	32,4	32,4	11
5	25,5	25,5	25,5	12
6	17,8	18,1	17,8	13
7	09,3	09,6	09,3	14
8	00,0	00,9	00,0	15
9	189,8	191,3	189,8	16
10	78,8	79,7	78,9	17
11	67,0	68,8	67,1	18
12	54,4	55,8	54,5	19
13	41,0	42,3	41,1	20
14	26,7	28,1	26,8	21
15	11,7	12,5		
16	095,9	097,4		
17	79,2	79,6		
18	61,9	64,0		
19	43,6	44,5		
20	24,4	27,4		
21	04,5	02,2		

PHOSPHORESCENCE. — *Sur une phosphorescence verte de l'azote actif.* Note de Mme **Renée Herman**, transmise par M. Charles Fabry.

I. On sait que l'azote gazeux devient phosphorescent lorsqu'il est convenablement excité par une décharge électrique. Dans la *phosphorescence jaune* (Lord Rayleigh), on observe une sélection des bandes du premier système positif : les plus intenses correspondent aux niveaux de vibration supérieurs $v' = 6$ et $v' = 11$. En prolongeant les poses on peut photographier aussi des bandes à niveaux de vibration plus élevés, avec exaltation du niveau $v' = 17$. L'intensité des bandes à niveaux de vibration élevés peut être notablement rehaussée dans certaines conditions d'excitation et de pression (Kaplan).

Nous avons réussi à exciter une *phosphorescence verte* de l'azote actif, dont la couleur est due à la grande intensité des bandes du premier système positif situées vers les courtes longueurs d'onde.

La décharge passe dans un ballon de 1^l en quartz fondu, entre électrodes d'aluminium. Le desséchage, le remplissage et la purification s'effectuent en vase clos et le spectre obtenu est dépourvu des bandes de NO. La pression du gaz varie de 10 à 20^{mm} de mercure. Le courant provient d'une bobine d'induction alimentée par le secteur alternatif à travers une turbine à mercure, type Blondel, qui peut être supprimée pour une pression plus faible. Lorsque la tension atteint une valeur convenable, la décharge prend une couleur verdâtre qui remplit plus ou moins le ballon; la luminescence persiste pendant une seconde environ après l'interruption du courant.

II. Le spectre *a*, reproduit ci-après, a été obtenu avec un spectrographe à deux prismes de flint et un objectif d'ouverture relative F/1,5, en interposant un phosphoroscope donnant deux décharges par seconde. Le spectre *b* a été obtenu avec un temps de pose plus court et un spectrographe plus dispersif sans faire usage du phosphoroscope. On voit que les deux spectres sont semblables, mais ils diffèrent du spectre habituel de décharge dans l'azote (*c*). Les niveaux de vibration élevés du premier groupe positif sont fortement exaltés. En plus des niveaux $v' = 13$ à 20 dans la séquence $v' - v'' = 5$, déjà signalés par Kaplan, on voit apparaître une nouvelle séquence correspondant à $v' - v'' = 6$. Elle est représentée par les bandes comprises entre $v' = 17$ et $v' = 24$. Comme dans la séquence $v' - v'' = 5$, on observe une grande diminution d'intensité pour v' inférieur à 17. Cet affaiblissement est partiellement masqué par les bandes de la séquence précédente.

III. Les nombres d'onde correspondant aux bandes nouvelles s'écartent notablement des valeurs calculées par la formule de Birge, qui représente l'ensemble du système. Si l'on cherche à ajouter des termes correctifs aux polynomes représentant les niveaux de vibration dans les états B et A, on trouve

$$B_{v'} = 1718,40\, v' - 14,437\, v'^2 + 0,013\, v'^3 - 0,0017\, v'^4,$$
$$A_{v''} = 1446,44\, v'' - 13,929\, v''^2 + 0,014\, v''^3 - 0.0032\, v''^4.$$

Les coefficients des termes en v^3 et v^4 sont approximatifs et compensent seulement en partie les écarts à la formule primitive.

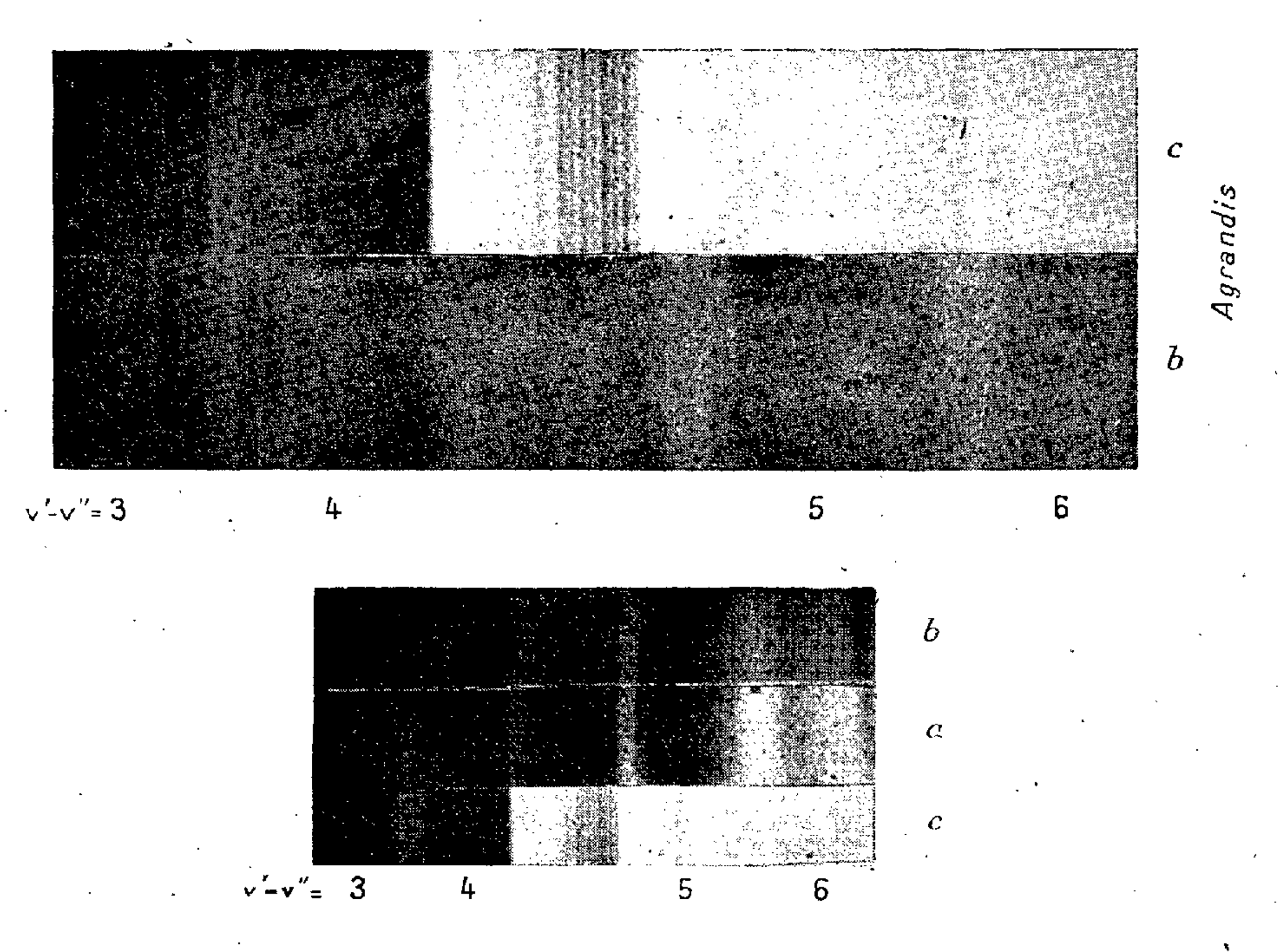
Dans la séquence $v' - v'' = 5$, on a trouvé, pour v' supérieur à 12 des perturbations de structure, par suite de l'interaction d'un autre niveau (¹). Pour B_{16} et B_{17} par exemple, ces perturbations se traduisent par un affaiblissement des probabilités de passage $^3\Pi_{1,2} \rightarrow {}^3\Sigma$: pour ces bandes, les branches $P_{1,1}$ sont les plus intenses. Ces perturbations semblent fortement atténuées dans la nouvelle séquence $v' - v'' = 6$.

IV. La présence simultanée du premier système positif et du premier

---

(¹) J. Kaplan, *Physical Review*, A, 38, 1931, p. 374; Van der Ziel, *Physica*, 4, 1937, p. 373.

système négatif dans le spectre de phosphorescence de l'azote actif rapproche celui-ci du spectre des aurores. De nombreuses radiations de l'aurore ont été identifiées à des bandes du premier système positif à niveaux de vibration élevés, jusqu'à $v' = 17$. Toutefois, la répartition des intensités est très différente de celle trouvée dans la phosphorescence verte. Ainsi la bande 5214 Å (17,12), la plus intense de la séquence $v' - v'' = 5$ dans la phosphorescence, ne figure



même pas sur la liste des radiations aurorales de L. Vegard et E. Tönsberg [2]. Quant à la radiation observée à 5207 Å dans les spectres de l'aurore de basse latitude, et rapprochée de la bande 5214 Å, elle a été identifiée récemment au doublet interdit 5199 Å de l'atome d'azote [3]. D'autre part de nombreuses radiations aurorales ont été identifiées aux bandes de la séquence $v' - v'' = 3$ à niveaux de vibration élevés, qui sont très faibles au laboratoire. Enfin, dans la région correspondant à $v' - v'' = 6$, le spectre auroral paraît fort pauvre, et le seul rapprochement possible concerne la radiation 4858 Å voisine de la bande (21,15).

---

[2] *Geofysiske Publikasioner*, **11**, n° 16, 1937, p. 4; J. Kaplan, *Physical Review*, **42**, 1932, p. 85; **45**, 1934, p. 671.

[3] J. Dufay et Tcheng Mao-Lin, *Comptes rendus*, **215**, 1941, p. 692.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les balanciers des Diptères considérés comme organes du sens de l'espace.* Note de M. **Jean Nageotte**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'étude morphologique précise des balanciers et de la région où ils battent permet d'établir les propriétés géométriques de la trajectoire de leur boule pendant leurs oscillations : elle est exactement semicirculaire, de telle sorte que la tige décrit, autour d'un axe horizontal, la surface d'un demi-cône régulier dont l'angle au sommet est de 90° chez la Mouche bleue (*Calliphora vomitoria*). L'excursion de la boule est de 180°.

Par suite d'une coordination morphologique bien remarquable, le trajet de la boule s'inscrit sous la forme d'une piste demi-circulaire, glabre et plane, sur la face antérieure et verticale de l'abdomen, si velu et si large, de cette mouche; la boule suit cette piste à très faible distance de sa surface.

Une disposition particulière de l'articulation du balancier au thorax, la présence d'un ressort, mis en évidence par la réaction aux mouvements imprimés, après l'ablation des muscles, permet l'exécution de ce mouvement en surface de cône et en même temps laisse au balancier la possibilité de s'écarter légèrement de son axe d'oscillation sous l'influence de la force centrifuge.

De ces dispositions on déduit que le balancier s'apparente à deux appareils de physique dont le mécanisme est parfaitement connu, le gyroscope et le régulateur à boules.

Des deux il diffère par son mouvement alternatif; du gyroscope, par son bâtonnet oscillant qui remplace le disque rotatif; du régulateur, parce qu'il n'a qu'une boule et que son axe horizontal supprime la pesanteur comme force antagoniste (mais elle est remplacée par le ressort de l'articulation). De plus, l'obliquité du balancier introduit la force centrifuge comme facteur de vibrations.

Le champ vibratoire du balancier pendant le vol va donc être constitué de la façon suivante, en supposant la fréquence du même ordre de grandeur que celle des ailes de la Mouche commune, d'après Marey : par seconde, 660 oscillations simples de grande amplitude (180°); autant d'arrêts brusques, avec inversion de la vitesse, autant de phases d'accélération, autant d'oscillations simples, de faible amplitude, dirigées perpendiculairement à la course du balancier; enfin la vitesse moyenne de la boule est de $1^{m},50$ par seconde, et la longueur du bâtonnet de 1^{mm}, chez la Mouche bleue.

C'est ce champ, complexe et coordonné, qui va entrer en conflit avec les forces d'inertie tout le long de la trajectoire du vol. A quoi sert la complication apportée par l'introduction de la force centrifuge? On peut supposer qu'elle rend le balancier plus mobile et par conséquent plus sensible, mais

cette question rentre dans la compétence des physiciens; tout ce que je puis dire, c'est qu'il ne s'agit pas là d'un fait fortuit, car l'obliquité du balancier, à des degrés divers, existe chez tous les Diptères.

Si les réactions de ce champ vibratoire, causées par les forces d'inertie, sont perçues, elles apportent des renseignements qui permettent à la mouche de contrôler la direction de son vol. Or le balancier possède, dans sa pièce basilaire, un appareil nerveux très développé, signalé depuis longtemps par Leydig, Hicks, Lowne; il a donc les caractères d'un organe sensoriel, peut-être aussi compliqué que l'organe de la vision.

Les phénomènes physiologiques consécutifs à l'ablation des bâtonnets sont connus. Une mouche privée d'un seul balancier vole correctement, mais est plus facile à capturer, donc devenue moins agile. La perte du second balancier amène, d'une façon définitive, l'impossibilité absolue du vol. La marche reste normale; le saut même est possible, mais l'animal retombe souvent sur le dos, ce qui peut tenir à ce que les ailes ne jouent pas comme parachute; mais elles sont encore capables de battre convulsivement, donc elles ne sont pas paralysées.

Chez les Vertébrés, les canaux semicirculaires contrôlent les attitudes, la marche, la nage et le vol. Leurs propriétés reposent, comme celles des balanciers, sur le principe de l'inertie, mais leur mécanisme est tout différent. De plus, les canaux sont sensibles à la pesanteur, ce qui rend leur action plus complexe. Les deux appareils utilisent des quantités d'énergie infiniment petites et leurs effets physiologiques sont très puissants.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'acidose, cause principale de la polynévrite aviaire.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Initialement provoquée par Eijkmann sur des animaux de basse-cour, la polynévrite aviaire a été maintes fois obtenue depuis sur des pigeons ou poulets soumis à une nourriture exclusive composée de riz poli ou de régimes semi-synthétiques privés de vitamine B_1. Les mêmes accidents s'observent également cependant chez les pigeons recevant une large dose de vitamine B_1, quand les régimes comportent une forte proportion de galactose, de peptone d'ovalbumine, d'huile de ricin, d'alcool éthylique ou de sulfate de sodium, facteurs de déséquilibres alimentaires organiques ou minéraux [1]. Ce n'est donc pas l'avitaminose B_1 qui est responsable de la polynévrite aviaire, mais un trouble métabolique tissulaire lié à cette avitaminose, et qui peut connaître d'autres causes. L'ingestion de bacilles lactiques entraînant chez le Pigeon la production de crises polynévritiques [2], il semblait logique d'admettre que ces

---

(1) R. Lecoq, *Déséquilibres alimentaires, nutritifs et humoraux*, 2e édition, Paris, 1939; *C. R. Soc. Biol.*, 136, 1942, p. 659.

(2) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 276; 120, 1935, p. 958.

crises sont sous la dépendance de l'imprégnation lactique ou pyruvique du muscle. Mais cette imprégnation manquant dans certains déséquilibres alimentaires névritogènes ([3]), il est plus probable que l'imprégnation acide musculaire peut, selon les cas, provenir d'éléments très divers, et que c'est l'acidose qui en découle qui doit être retenue. Dans le but de vérifier cette hypothèse, nous avons systématiquement déterminé la réserve alcaline plasmatique de nombreux pigeons soumis à des régimes exclusifs, producteurs et non producteurs de polynévrites. Nos résultats ont été groupés dans le tableau ci-dessous.

	Lots et régimes.	Survies en jours ou mois.	Réserve alcaline.			Moyenne.	Crises polynévritiques.
I.	Mélange de graines *ad libitum*	indéfinie	49,6	55,2	54,8	53,3	—
II.	20g régime à 66% de saccharose + 2g levure	indéfinie	56,8	48,9	54,0	53,2	—
III.	20g régime à 50% de poudre de muscle + 2g levure	indéfinie	47,8	56,5	52,7	52,3	—
IV.	20g régime à 50% d'huile d'arachide + 2g levure.	indéfinie	51,3	58,8	54,0	54,7	—
V.	20g régime à 66% de saccharose avec levure autoclavée	13–23 j	34,9	38,6	29,4	34,3	+
VI.	Même régime + 1g gluconate de Ca	13–23 j	71,1	67,8	72,6	70,5	—
VII.	18g saccharose + 2g substances de lest	13–18 j	44,2	38,6	36,4	39,7	+
VIII.	Même régime + 175γ vitamine B_1	55–70 j	54,4	53,6	50,4	52,8	—
IX.	18g peptone de muscle + 2g substances de lest	15–20 j	44,8	20,5	38,6	34,6	+
X.	Même régime + 175γ vitamine B_1	25–35 j	54,7	51,4	49,9	52,0	—
XI.	9g huile d'olive + 2g substances de lest	25–30 j	28,1	40,2	37,7	34,0	+
XII.	Même régime + 175γ vitamine B_1	40–55 j	48,2	54,0	52,1	51,4	—
XIII.	20g régime à 66% de galactose + 4g levure	6–10 j	42,4	39,0	34,8	38,7	+
XIV.	20g régime à 82% de peptone d'ovalbumine + 2g levure	80–90 j	45,3	36,1	40,4	40,6	+
XV.	20g régime à 50% d'huile de ricin + 4g levure.	15–25 j	34,7	40,9	43,3	39,6	+
XVI.	15 puis 10g régime au lait complet avec 5cm³ eau-de-vie à 45°	75–80 j	38,9	42,0	34,6	38,5	+
XVII.	20g régime à 5% de sulfate de sodium crist. + 2g levure	5–7 m	43,3	38,6	41,4	41,1	+

Les animaux soumis à un régime n'entraînant pas de crises furent tués après 2 à 3 mois; les autres ont été sacrifiés, après avoir présenté des crises, quand la mort semblait proche. Les pigeons recevant un mélange de graines (*ad libitum*) ou une ration semi-synthétique équilibrée et riche en vitamine B_1 (par gavage et en proportion définie) présentent, comme on le voit, des taux de réserve alcaline normaux (lots I à IV). L'autoclavage à + 120° de la levure de bière entraîne la destruction de la vitamine B_1 et conditionne à la fois l'apparition des crises polynévritiques et la chute de la réserve alcaline (lots I et V). L'addition de gluconate de calcium en quantité suffisante à un régime

([3]) R. Lecoq et R. Duffau, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1013; R. Lecoq, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 457.

producteur d'avitaminose B_1 prévient à la fois acidose et accidents polynévritiques (lots V et VI), mais les animaux succombent sensiblement dans les mêmes délais (de leur avitaminose); acidose et intoxication endogène avitaminique semblent donc deux choses bien différentes. Ce qui n'empêche pas la vitamine B_1 d'exercer un effet protecteur très net sur l'action acidosique et polynévritique des différents aliments organiques (lots VII à XII).

Les déséquilibres alimentaires organiques ou minéraux sont, de même que l'avitaminose B_1, producteurs de polynévrite et d'acidose (lots XIII à XVII). Toutefois, ainsi que nous l'avons également observé, le régime à 66 % de galactose perd, pendant la presque totalité de l'expérience, de son action polynévritique, quand on l'additionne quotidiennement de 1^g de l'une des substances douées de propriétés alcalosiques : gluconate de calcium, citrate trisodique, phosphate disodique ou bicarbonate de sodium ([4]). Traités ou non, les pigeons meurent d'ailleurs sensiblement dans les mêmes délais; il semble que, là encore, l'action névritogène soit liée à l'acidose.

Conclusions. — Avitaminose B_1 et déséquilibres alimentaires ne semblent donc producteurs de polynévrite aviaire que par l'acidose résultant de troubles métaboliques qu'ils engendrent.

Toutefois, si les substances douées de propriétés alcalosiques peuvent empêcher chez le Pigeon les crises polynévritiques, elles ne modifient pas sensiblement l'évolution de l'intoxication endogène liée à l'avitaminose B_1 ou aux déséquilibres alimentaires. Il est donc possible que l'acidose, cause principale de la polynévrite aviaire, ait son action névritogène renforcée par la présence des toxiques provenant plus explicitement que l'acidose des déséquilibres alimentaires ou de l'avitaminose B_1.

RADIOLOGIE. — *La synthèse rigoureuse des fractures du col du fémur : la réduction, la localisation géométrique, le vissage, en trois temps se succédant sans interruption.* Note de M. **Gaston Contremoulins**, présentée par M. Georges Perrier.

Dans l'établissement de ma première méthode de synthèse du col fémoral, les circonstances de son application m'avaient contraint à scinder l'opération en deux actes distincts; la *réduction et la localisation de la fracture* étaient réalisées dans un laboratoire d'hôpital, *la reproduction de la réduction et le vissage se pratiquaient* dans une salle d'opérations, *dépourvue de contrôle radiologique*, d'un autre hôpital quelconque.

Cette technique précise était nécessairement compliquée ; j'ai pu la simplifier considérablement maintenant que le problème du déplacement ne se pose plus pour moi, depuis que j'ai organisé un service de Métroradiographie dans un hôpital.

([4]) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1513.

Voici en quoi consiste la nouvelle technique :

Premier temps. — Réduction de la fracture par disjonction transversale des fragments, suivie de traction longitudinale du membre et provocation manuelle de sa rotation interne. *Même outillage et même technique que dans la méthode primitive* (¹); un cale-pieds a été ajouté pour éviter l'hyper-réduction.

Deuxième temps. — 1° Localisation par deux projections obliques de rayons X, du centre de la tête fémorale conjointement avec un point témoin constitué par l'intersection de fils métalliques d'un réticule réalisant un plan de contrôle parallèle au plan récepteur. Ce plan est interposé sur le trajet des sources radiantes entre celles-ci et le blessé. Le plan récepteur (films ou plaques) est mécaniquement défini et les incidences normales et obliques sont enregistrées radiographiquement. 2° *Établissement d'une épure définissant les projections orthogonales* du centre de la tête et du point de contrôle. 3° *Report du centre de la tête fémorale sur le plan de contrôle.* 4° *Détermination de la distance séparant le centre de la tête fémorale de sa projection orthogonale reportée sur le plan de contrôle*, par lecture directe sur une échelle proportionnelle établie une fois pour toutes. 5° *Réglage* (en partant de la projection orthogonale du centre de la tête figurée sur le plan de contrôle) *d'une aiguille axiale verticale* définissant le rayon d'un secteur afin que son centre de courbure soit rendu commun avec le centre de la tête du fémur. Sur le secteur une aiguille mobile montée sur un chariot est orientée suivant un rayon. Comme le secteur rote autour de son aiguille axiale, il engendre une portion de sphère dont l'aiguille mobile peut occuper un quelconque des rayons.

Troisième temps. — Réglage du porte-outils servant à créer le logement de la vis de synthèse. Quand la pointe de l'aiguille mobile du secteur a été amenée au contact de la corticale du fémur mise à nu, au point choisi pour l'entrée de la vis, le porte-outils est réglé en direction en rendant commun son axe avec celui de l'aiguille du secteur. La profondeur de pénétration des outils est automatique, le porte-outils est réglé par butée contre le chariot portant l'aiguille du secteur dont la distance au centre du système reste constante.

Tous les temps opératoires sont décrits dans des publications antérieures (²).

Conclusions. — Cette méthode est d'une rigoureuse précision. Elle permet de placer, *sans erreur possible*, une vis dans une région quelconque *définie à l'avance* d'une tête fémorale.

On peut, grâce à cette particularité, poser une vis et une greffe accouplées dans les cas de pseudarthrose après arthrotomie, ou fixer plusieurs vis ou goujons orientés, dans les cas de têtes fémorales éclatées, ou enfin utiliser tout moyen de synthèse nécessitant l'usage d'un guide précis d'orientation et de profondeur. Cette méthode est simple et rapide. Elle comporte encore, il est vrai, un outillage mécanique qui n'est pas habituel dans les salles modernes de chirurgie. Mais, si l'on veut obtenir des résultats précis et constants, il faut de toute nécessité recourir à des appareils adéquats; une table de radiochirurgie s'impose au même titre qu'une table d'orthopédie (³).

(¹) *Bull., Académie de Médecine*, 87, 1922, p. 533.

(²) *Presse Médicale*, 31, 1923, pp. 789 et 825; *Bull. de Photogrammétrie*, 1 et 2, 1939.

(³) La table que j'ai réalisée, et dont je donne un exemple d'application à la synthèse du col fémoral, comporte en outre des dispositifs spéciaux pour la recherche, la localisation et l'extraction des corps étrangers suivant diverses méthodes.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Dissociation de la fraction toxique des tumeurs spontanées de la mamelle de Souris.* Note de Mme **N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa.**

Nous avons démontré ([1]) l'existence d'une fraction d'extrait tumoral, ayant des propriétés toxiques. Cette fraction (fraction IV) reste en solution après précipitation de l'extrait aqueux à l'aide de l'alcoolinisation jusqu'à 85°. Au moyen d'une précipitation fractionnée ultérieure, avec des alcools de concentration croissante, nous étions à même d'isoler plusieurs subfractions dont certaines ont manifesté chacune un effet particulier sur la Souris.

Le résidu, qui reste après élimination du précipité par l'alcool à 85°, correspond à la totalité de la fraction IV ; nous le désignons, dans la série de fractions ultérieures, par la lettre α. A partir de ce résidu α nous obtenons les subfractions suivantes :

β, précipité par alcoolinisation jusqu'à 90°;
γ, résidu après élimination du précipité à 90°;
δ, précipité par alcoolinisation à 95°;
ε, résidu d'alcool à 95°; 1 et 2, dépôt collant à la paroi au cours de la concentration;
ζ, précipité par alcoolinisation à 99°;
η, résidu d'alcool à 99°; η 1 et 2, parties insolubles dans l'alcool absolu; η 3, partie soluble dans l'alcool absolu.

On débarrassait par la suite tous ces produits de l'alcool, et on les injectait aux animaux sous forme de solutions aqueuses d'une concentration déterminée par rapport à la quantité de masse tumorale initiale.

L'effet de quatre de ces produits sur les souris jeunes, mâles, appartenant à la lignée XVII (dont les trois premiers de la même famille), est représenté sur la figure ci-contre.

Voici quelques détails sur le comportement de chacun de ces animaux (de gauche à droite) :

1° ♂ **49002**, pesant 10^g,5, effet de la subfraction ε 2 : un certain degré d'excitation et d'ataxie; l'animal a dû être maintenu pour être photographié.

2° ♂ **49006**, de 10^g,2, effet de la subfraction ζ : assouplissement pendant deux jours, pas d'anesthésie, ni de paralysie (a pu être photographié, couché sur le dos, sans contention); le 3e jour, refuse d'être couché, marche un peu; le 4e jour, trouvé mort de pneumonie; cerveau et méninges presque pas hyperémiés, hypophyse un peu augmentée (œdème).

Un sommeil prolongé (pas d'anesthésie, ni de paralysie) a été provoqué plusieurs fois avec le même produit chez une autre souris. Restant couché sur le dos, cet animal produisait par moments de singuliers mouvements des pattes (rêves probables). Il se rétablissait chaque fois complètement le lendemain après l'injection.

([1]) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et P. Zéphiroff, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 602.

3° ♂ 49005, de 12g,5, l'action de la subfraction γ, qui a affecté surtout la locomotion de l'animal : les muscles des ceintures, scapulaire et pelvienne, sont affaiblis à tel point que le corps affaissé repose (pattes écartées sur la photographie) directement sur le ventre, sans paralysie complète des extrémités. Le lendemain, est trouvé mort; le cerveau et les méninges ont été hyperémiés, l'hypophyse hémorragique.

4° ♂ 49060, 13g,3, effet de la subfraction η 3 : une espèce d'ahurissement, de torpeur (pendant deux jours) qui a permis de photographier l'animal sans le maintenir, quoiqu'il se soit déplacé un peu par rapport à son voisin; aucun phénomène paralytique, position normale des pattes (voir la photographie).



Effets caractéristiques de 4 substances isolées à partir de la fraction toxique (extraction TE) de tumeurs de la mamelle de Souris (de gauche à droite) : 1° subfraction ε2 : excitation et ataxie passagère; 2° subfraction z : assoupissement prolongé, animal couché sur le dos; 3° subfraction γ : parésie prononcée, corps affaissé et reposant sur le ventre, pattes écartées; 4° subfraction η3 : étourdissement passager.

Tous ces effets variés ont été obtenus avec la même dose de produits différents (correspondant chaque fois à 9g de tissus tumoral frais), sur des animaux mâles de même origine et de poids comparable.

La base anatomique de ces manifestations semble résider dans les dérangements circulatoires du système nerveux (hyperémie du cerveau, hypophyse œdémateuse ou hémorragique), comme l'a montré l'autopsie dans les cas de mort de l'animal.

A 15^h40^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser la liste des candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par le décès de M. Laubeuf présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne............	M. **Albert Portevin.**
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*.........	MM. **Paul Boucherot.** **Louis Bréguet.** **Émile Brylinski.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16^h15^m. L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1942.

Que sais-je? *Le coton*, par Auguste Chevalier et Pierre Senay. Paris, Presses universitaires de France, 1942; 1 vol. 18^{cm}.

Que sais-je? *Le tabac*, par Auguste Chevalier et F. Emmanuel. Paris, Presses universitaires de France, 1942; 1 vol. 18^{cm}.

Les coniques, par Henri Lebesgue. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 vol. $25^{cm},5$.

Le calcul mécanique et la comptabilité. Communications aux séances du Comité national de l'organisation française tenues en commun avec la Société des Ingénieurs civils de France pour la commémoration du tricentenaire de la machine à calculer, par L. Danty-Lafrance, Jean Chevalier, Louis Couffignal, André Chauvin, G.-L. Blanchard, F. Maurice. Paris, C. N. O. F., 1942; 1 fasc. 24^{cm}.

Les glucides du Topinambour, par Henri Colin. Extrait du *Bulletin de l'Association des Chimistes*, mars-avril 1942. Paris, 1942; 1 fasc. 24^{cm}.

Exposés annuels de Biochimie médicale, troisième série, par MM. Henri Bénard, André Boivin, Paul Boulanger, Sotirios Briskas, Ch.-O. Guillaumin, Max Fernand Jayle, Michel Macheboeuf, Michel Polonovski, Jean Roche, Charles Sannié et Daniel Santenoise. Paris, Masson et Cie, 1942; 1 vol. $24^{cm},5$ (présenté par M. M. Javillier).

Mélanges bryologiques et lichénologiques. Paris, Laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle, 1941; 1 fasc. $25^{cm},5$.

La formation et l'instabilité des continents, par Claude Gaillard. Lyon, Imprimeries réunies, 1942.

Louis-Charles Bailleul, 1876-1941, par Louis Chauvois. Paris, 1942; 1 fasc. $22^{cm},5$.

Chimie minérale raisonnée basée sur la notion d'énergie et la classification périodique, par Marcel Lemarchands. Cahors, Imprimerie A. Coueslant, 1941; 1 vol. 26^{cm}.

Propagation de la chaleur, par Charles Fabry. Paris, Librairie Armand Colin, 1942; 1 vol. $17^{cm},5$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 DÉCEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Charles Maurain** est élu Vice-Président pour l'année 1943 par l'unanimité des suffrages exprimés.

MM. **Robert Bourgeois** et **Louis Bouvier**, par la majorité absolue des suffrages, sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

VULCANOLOGIE. — *Une éruption du Piton de la Fournaise (Ile de la Réunion) en* 1942. Note de M. **Alfred Lacroix**.

Il semble que le volcan du Piton de la Fournaise soit resté muet depuis 1937. M. le Ministre des Colonies vient de me faire parvenir le câble suivant, envoyé par le Gouverneur de la colonie, qui signale une récente éruption :

Câble n° 1730 I. P. Saint-Denis-de-la-Réunion. Reconnaissant communiquer Alfred Lacroix Académie des Sciences, stop. Nouvelle fissure voisine 1937 entame Bory, a donné lave dans Bory et constitue 200 mètres plus bas petit cône, débris projetant bombelettes, stop. En sort coulée cheminant d'abord sous tunnel, puis un kilomètre longueur arrive sur plate-forme. Coulée visible, progression très lente vers Tremblet, stop. Dépôt soufre aiguilles autour fissure voisinage Bory, stop. Éruption terminée.
1100-4-11 Aubert.

L'intérêt de cette nouvelle est que l'activité qui vient de renaître dans le volcan se poursuit dans le même sens que celle ayant débuté au sommet du Piton de la Fournaise, vers 1927.

A partir de cette date (1), ce sommet supportant, vers l'Est, le cratère

---

(1) En août 1931 s'est produite une des plus grandes des éruptions de ce volcan : elle est partie non pas du sommet du volcan, mais de la base du Rempart des Osmondes, c'est-à-dire du pied de la Plate-forme qui supporte le Piton de la Fournaise.

Dolomieu qui était celui ayant fonctionné pendant tout le siècle précédent et une partie de l'Enclos Vélain accolé au cratère Bory, se sont lentement et silencieusement effondrés, constituant ainsi ce que j'ai appelé le *Nouveau Cratère*.

Dès 1934, les bords de ce cratère d'effondrement et ceux du cratère Bory ont été sillonnés de fentes, restées béantes ou remplies de lave basaltique. En août 1937, l'une d'elles, qui a été le siège d'une activité plus grande, a entamé les bords du cratère Bory éteint depuis plus d'un siècle, et *dans lequel sa lave s'est déversée*, phénomène bien singulier qui, semble-t-il, n'a été observé jusqu'ici dans aucun autre volcan.

Le câble qui fait l'objet de cette présente Note montre que le même phénomène vient de se renouveler; il mérite donc d'être signalé. Il est fort possible que, dans un avenir plus ou moins prochain, le cratère Bory soit à son tour capté par le Nouveau Cratère et, à ce point de vue, il est à souhaiter que le sommet de ce volcan soit surveillé de la façon la plus serrée.

Les autres faits de cette éruption sont les mêmes que ceux des éruptions précédentes que j'ai développés dans deux ouvrages récents ([2]), accompagnés de 84 photographies, dont un certain nombre a été pris d'avion.

M. Emmanuel de Martonne fait hommage à l'Académie d'une *Géographie physique de la France*, ouvrage in-4° de 480 pages avec 167 figures, 144 photographies et 1 carte hors-texte à 1 : 2.500.000.

Il a cherché à y réaliser une synthèse des nombreux travaux parus depuis un demi-siècle sur l'origine des formes du relief et les climats dans un des pays les plus variés de l'Europe. Du rapprochement des faits mis en lumière et des rapports constatés dans des études locales, il a cru pouvoir, en se plaçant à un point de vue plus élevé et en envisageant de grands ensembles, tirer quelques conclusions générales, parmi lesquelles il croit pouvoir signaler la constatation suivante : la France apparaît caractérisée par une association particulièrement intime de la structure hercynienne et de la structure alpine; c'est à cette association, aux réactions qui en ont résulté au cours des périodes orogéniques et aux accidents qui en portent témoignage, que l'isthme français doit sa solidité et que la face de la France doit sa physionomie individuelle.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. *Paul Séjourné*, décédé.

([2]) *Le Volcan actif de l'Ile de la Réunion*, Paris, 1936, et son Supplément, 1938.

Le nombre de votants étant 54,

M. Joseph Bethenod obtient	....	44 suffrages.
M. Albert Pérard »	....	9 »
M. André Kling »	....	1 »

M. **Joseph Bethenod**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Applications de la Science à l'Industrie en remplacement de M. *Maxime Laubeuf*, décédé.

Le nombre de votants étant 49, M. **Albert Portevin** réunit l'unanimité des suffrages. Il est proclamé élu.

Ces deux élections seront soumises à l'approbation du Gouvernement.

CORRESPONDANCE.

M. **Louis Hackspill** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Sophie Piccard. *Sur des ensembles parfaits. Note additionnelle sur les ensembles de sommes.*

ANALYSE GÉNÉRALE. — *Sur le problème de Wiener; solution générale du problème dans le cas le plus général.* Note de M. **Jean Colmez**, présentée par M. Élie Cartan.

Énoncé du problème. — Étant donnés un ensemble P d'éléments de nature quelconque et une famille σ de transformations biunivoques de P sur lui-même (*permutation*), définir une opération de fermeture vérifiant les quatre axiomes de Kuratowski ([1]) telle que, dans l'espace topologique obtenu $\overline{P}$, chaque permutation de σ soit une homéomorphie (*déformation*).

On observe que l'on peut remplacer la famille quelconque σ par un groupe sans changer le problème. L'ensemble de toutes les permutations de P est un groupe $\mathcal{G}$; donc il existe un plus petit groupe $G \supset \sigma$ qui, si $\overline{P}$ est tel que σ soit une famille de déformations de $\overline{P}$, est un groupe de déformations de $\overline{P}$.

Solution générale. — Soit G le groupe de permutations donné dans P. Si $\overline{P}$

([1]) Voir Kuratowski, *Fund. Math.*, 3, 1922, p. 182.

admet G comme *un* groupe de déformations, la famille $\overline{\Phi}$ de ses ensembles fermés est invariante dans toute permutation de G. Le problème revient donc à former une famille $\overline{\Phi}$ de sous-ensembles de P, possédant les propriétés suivantes : 1° elle contient l'ensemble vide et P; 2° toute réunion finie d'ensembles appartenant à $\overline{\Phi}$ appartient à $\overline{\Phi}$; 3° toute intersection d'ensembles appartenant à $\overline{\Phi}$ appartient à $\overline{\Phi}$; 4° elle est invariante dans G.

On part d'une famille *initiale* Φ_0 quelconque de sous-ensembles de P, on considère la famille Φ des transformés de ces sous-ensembles dans les transformations de G, la famille Φ^* des réunions finies des ensembles de Φ et enfin la famille $\overline{\Phi}$ des intersections des ensembles de Φ^*. $\overline{\Phi}$ répond à la question et *l'on obtient ainsi la solution générale*.

L'espace ainsi défini ne dépend que dans une certaine mesure de Φ_0. On dira que deux familles initiales sont équivalentes, si elles donnent la même solution du problème. En particulier, Φ_0 est équivalente à la famille Φ_0 *complétée* (c'est-à-dire à laquelle on a ajouté toutes les réunions finies des ensembles de Φ_0), et l'on suppose toujours dans la suite que Φ_0 est complétée.

Solutions impropres. — Il est évident que les deux solutions suivantes répondent toujours à la question : 1° celle où $\overline{\Phi}$ se compose de tous les sous-ensembles de P; 2° celle où $\overline{\Phi}$ ne contient que l'ensemble vide et P; solutions sans intérêt que nous nommerons *impropres* et que l'on cherche à éliminer. La suite montre qu'*il existe dans tous les cas des solutions non impropres si* P *est infini.* Il suffit évidemment, en effet, d'établir cette proposition quand $G = \mathcal{G}$.

Cas particuliers anormaux. — Dans ce cas, où $G = \mathcal{G}$, si P est fini, la solution est toujours impropre. Si P est infini, on obtient la solution générale non impropre en prenant Φ_0 telle que la puissance maxima $\mathfrak{N}$ des ensembles de Φ_0, à part P, soit $0 < \mathfrak{N} <$ la puissance de P. Alors, si $\mathfrak{N}$ est un nombre fini, on a

$$\overline{A} = A, \quad \text{lorsque A est un ensemble fini,}$$
$$\overline{A} = P, \quad \text{lorsque A est un ensemble infini;}$$

et si $\mathfrak{N}$ est transfini, on a

$$\overline{A} = A, \quad \text{lorsque la puissance de A est} \leqq \mathfrak{N},$$
$$\overline{A} = P, \quad \text{lorsque la puissance de A est} > \mathfrak{N}.$$

On constate que la solution précédente vérifie l'axiome de séparation T_0 (2), mais non nécessairement l'axiome T_1 (2).

Il existe d'autres groupes moins étendus que G, n'admettant pas d'espaces de Hausdorff comme solution. En particulier, ceux vérifiant la propriété qu'on

(2) Voir, pour la définition de ces axiomes, M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 205.

appellera α : Étant donnés deux éléments quelconques de P a et b, et $A \subset P$, A ne contenant ni a ni b, il existe une permutation f de G telle que $f(a) = b$ et que $A.f(P - A)$ soit un ensemble fini. On trouve la solution générale vérifiant l'axiome T_0, dans le cas où G vérifie la propriété α, en ne prenant, à part P, dans Φ_0 complétée, que des ensembles « $\mathfrak{T}$ » (dont un nombre fini de transformés ne couvrent pas P). Dans ce cas, on peut démontrer qu'une famille finie Φ_0 peut toujours se réduire, à part P et l'ensemble vide, à un seul ensemble et qu'il existe des familles Φ_0 non réductibles à des familles finies.

Un certain nombre de conditions sur G entraîne la propriété α, notamment celle-ci : G est homogène [3] et $A.f(P - A)$ est fini quel que soit $A \subset P$ et quelle que soit $f \in G$. Dans ce cas, G n'est composé que de permutations finies. Le groupe des permutations finies nous donne un exemple de groupe vérifiant α. On trouve la solution générale dans ce cas en montrant que les ensembles $\mathfrak{T}$ sont ceux dont le complémentaire est infini.

La suite est la généralisation du cas précédent : si la puissance $\mathfrak{M}$ de P est $> \text{Aleph}_0$, on montre que le groupe des permutations f telles que $A.f(P - A)$ soit de puissance $\leq \mathfrak{N} < \mathfrak{M}$ (ou $< \mathfrak{N} \leq \mathfrak{M}$), quel que soit $A \subset P$, est le groupe des permutations de puissance $\leq \mathfrak{N}$ (ou $< \mathfrak{N}$), c'est-à-dire le groupe des permutations pour lesquelles l'ensemble des points non invariants est de puissance $\leq \mathfrak{N}$ (ou $< \mathfrak{N}$). Les ensembles $\mathfrak{T}$ sont ceux dont le complémentaire a la puissance $> \mathfrak{N}$ (ou $\geq \mathfrak{N}$).

THÉORIE DES VIBRATIONS. — *Mouvements forcés d'un oscillateur soumis à une force dérivant d'un potentiel, à une résistance passive fonction de la vitesse et à une excitation fonction sinusoïdale du temps.* Note de M. **Roger Brard**, présentée par M. Émile-Georges Barrillon.

Soient x l'élongation, t le temps, $x = 0$ une position d'équilibre stable, y la vitesse, $F = -a_1 x - \lambda(a_2 x^2 + \ldots)$ la force de rappel ($a_1 > 0$, $\lambda > 0$), $R = -2hy$ la résistance ($h > 0$), T_w la période de l'excitation. Les équations du mouvement

$$(1) \qquad \frac{dx}{dt} = y, \qquad \frac{dy}{dt} = -a_1 x - \lambda(a_2 x^2 + \ldots) - 2hy + C_0 \cos \frac{2\pi t}{T_w}$$

ont un sens pour $|x| < M$, M dépendant de l'oscillateur. La théorie des équations différentielles montre que les solutions (Φ_1, Φ_2) de (1) sont holomorphes par rapport à t, aux paramètres α_1, α_2 qui définissent les conditions initiales, à λ, T_w, h et C_0 et vérifient la condition $|\Phi_1| < M$ si $|\Phi_1(0)| < M$ et si t reste inférieur à une limite τ qui croît indéfiniment avec $1/\lambda$, h et $1/C_0$.

[3] Un groupe G de permutations dans P est dit *homogène*, si, étant donnés a et b, deux éléments quelconques de P, il existe une permutation $f \in G$ telle que $f(a) = b$.

Pour $\tau > T_w$, la solution (Φ_1, Φ_2) admettra la période T_w si α_1, α_2 vérifient deux conditions, elles-mêmes équivalentes à un système d'équations différentielles complété de conditions initiales convenables [par exemple, pour $\lambda = 0$, $h \neq 0$, (Φ_1, Φ_2) devra se réduire à la solution périodique (φ_1, φ_2) que fournit la théorie des petits mouvements, du moins si l'on étudie la solution périodique *voisine* de celle-ci]. On trouve ainsi que α_1, α_2 sont des fonctions analytiques de λ, T_w, h, C_0; leurs points singuliers sont *de branchement* — zéros du déterminant

$$H = \frac{\partial(\Theta_1, \Theta_2)}{\partial(\alpha_1, \alpha_2)}, \qquad \text{où } \Theta_1 = \Phi_1(T_w, \alpha_1, \alpha_2) - \varphi_1(0) - \alpha_1, \qquad \Theta_2 = \Phi_2(T_w, \alpha_1, \alpha_2) - \varphi_2(0) - \alpha_2.$$

La solution périodique existe donc si $\lambda \neq 0$, mais elle peut avoir plusieurs déterminations. Posons, pour $\tau > T_w$,

$$(2) \quad \begin{cases} \Phi_1(t) = \frac{1}{2} x_0 + x_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{T_w} + \psi_1\right) + \ldots + x_n \cos\left(\frac{2n\pi t}{T_w} + n\psi_1 + \psi_n\right) + \ldots, \\ \Phi_2(t) = \frac{1}{2} x'_0 + x'_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{T_w} + \psi'_1\right) + \ldots + x'_n \cos\left(\frac{2n\pi t}{T_w} + n\psi'_1 + \psi'_n\right) + \ldots; \end{cases}$$

ces développements sont valables pour $0 < t < T_w$ (solution non périodique) ou pour $0 \leq t$ (solution périodique). α_1 et α_2 sont holomorphes par rapport à x_1, ψ_1, donc Φ_1 et Φ_2 sont développables en séries entières de x_1. En limitant celles-ci aux termes en x_1^n, on commet une erreur ε_n qui tend vers zéro avec $1/n$. Si (Φ_1, Φ_2) est périodique, on a d'ailleurs $x'_0 = 0$, $x'_n = x_n$, $\psi'_n = \psi_n$; en outre x_0 est de l'ordre de x_1^2 et x_n de l'ordre de x_1^n. Il revient donc au même de

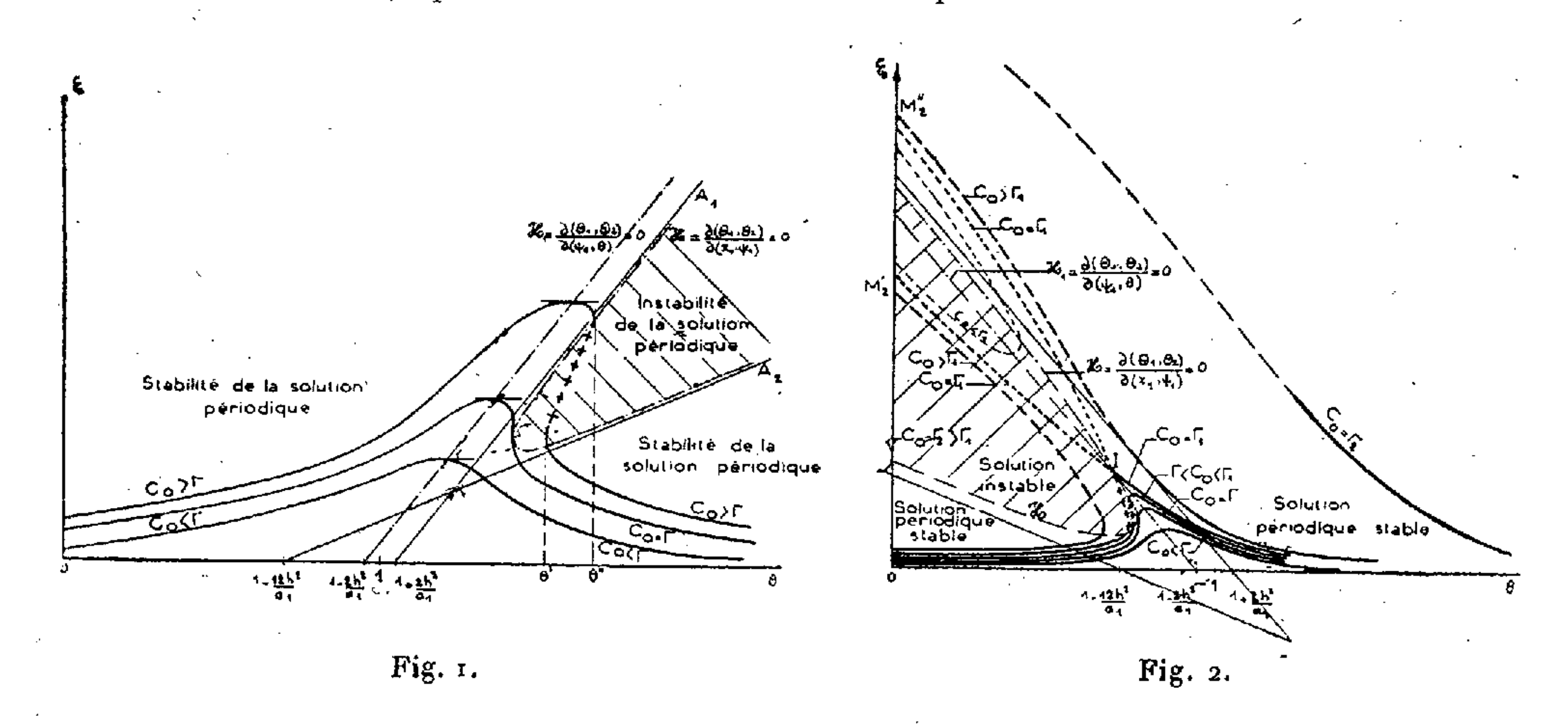


Fig. 1. Fig. 2.

limiter (2) à l'harmonique n^e. Si alors on substitue (2) dans la deuxième équation (1), et si l'on écrit que les développements de Fourier des deux membres sont identiques pour les harmoniques de rang p $(0 \leq p \leq n)$, on obtient $(2n+1)$ équations, qui, par élimination, fournissent une équation algébrique en x_1, dont les racines réelles correspondent à autant de déterminations réelles

de la solution périodique. Le nombre de celles-ci peut augmenter avec n puisqu'il en est ainsi du degré de l'équation en x_1. D'une manière générale, les expressions obtenues pour x_1 n'ont qu'une valeur asymptotique, acceptable seulement si x_1 est assez petit, eu égard au nombre n utilisé.

Dans le cas où $a_2 = 0$, $a_3 \neq 0$, et où l'on néglige les puissances de x supérieures à la troisième, l'équation en x_1 est, avec $\theta = 4\pi^2/(a_1 T_w^2)$ et $\xi = x_1^2$,

$$- C_0^2 + [a_1^2(1-\theta)^2 + 4a_1 h^2\theta]\xi + \frac{3}{2} a_1 \lambda a_3 (1-\theta)\xi^2 + \frac{9}{16}\lambda^2 a_3^2 \xi^3 = 0.$$

Les figures 1 ($a_3 > 0$) et 2 ($a_3 < 0$) donnent les variations de ξ en fonction de θ, λ et h étant constants, C_0 variant d'une courbe à l'autre. C_0 possède une ($a_3 > 0$) ou trois ($a_3 < 0$) valeurs critiques $\Gamma, \Gamma_1, \Gamma_2$. La courbe $H = 0$ coïncide avec l'hyperbole $\mathcal{H} = \partial(\Theta_1, \Theta_1)/\partial(x_1, \psi_1) = 0$. Il y a ou non stabilité suivant le signe de H. Divers mouvements forcés sont possibles pour un même ensemble de valeurs de T_w et C_0. Ainsi se trouve expliqué un phénomène découvert expérimentalement par M. Barrillon à propos du roulis sur houle régulière.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le principe de décomposition spectrale en Mécanique ondulatoire.* Note [1] de M. **Jean-Louis Destouches.**

1. Si l'on prend comme seule hypothèse qu'à partir de certains résultats de mesures il est possible de faire des prévisions imprécises pour un système S concernant les résultats de mesures ultérieures, prévisions qui s'exprimeront au moyen de probabilités, il est possible d'établir ces résultats : 1° Pour faciliter le calcul de ces probabilités, on peut introduire des éléments auxiliaires dits *éléments de prévision* qui satisfont à des règles analogues à celles des fonctions d'ondes. 2° Dans l'ensemble des éléments de prévision on peut distinguer ceux qui fournissent des prévisions certaines pour une grandeur A; un élément de prévision X quelconque est alors développable sous la forme $X \equiv \Sigma c_i X_i$, (mod A, $\mathfrak{D}$), où X_i désigne un élément de prévision exprimant que le résultat de la grandeur A appartiendra avec certitude à la sous-famille $\mathcal{E}_i$ d'une décomposition $\mathfrak{D}$, à l'instant t considéré. 3° Si X est un élément défini à partir d'une mesure initiale, la probabilité pour qu'à l'instant t le résultat r_{Ai} de la grandeur A appartienne à la famille $\mathcal{E}_i$ est donné par $f(c_i)$, où f est une fonction jouissant d'un large arbitraire. 4° Si l'on impose la condition que la fonction f ait la même forme quelle que soit la décomposition $\mathfrak{D}$ considérée pour l'ensemble des valeurs possibles pour une grandeur A, elle satisfait à l'équation fonctionnelle de Cauchy $f(xy) = f(x).f(y)$ où les variables x et y parcourent un ensemble D de nombres complexes. 5° Si l'on impose en outre à la fonction f d'être continue, on vérifie que

(1) Séance du 11 mai 1942.

la seule solution acceptable est

$$f(x) = |x|^k \quad \text{avec} \quad k > 0.$$

2. On peut aller plus loin dans cette voie et chercher s'il y a une seule valeur acceptable pour k ou si cette valeur n'est pas univoquement déterminée par l'hypothèse faite au début. Pour cela, il suffit de construire deux formalismes pour exprimer les prévisions, l'un avec des éléments de prévision X et une valeur k_1 pour la constante k, l'autre avec des éléments de prévision χ et une valeur k_2, puis d'examiner s'ils peuvent exprimer les mêmes prévisions, c'est-à-dire avoir $|c_i|^{k_1} = |c'_i|^{k_2}$. Si l'on considère une seule grandeur, on voit qu'il est facile d'y satisfaire, mais il n'en est plus de même pour deux grandeurs quelconques A et B; on peut établir que :

Théorème. — *Si toutes les grandeurs physiques attachées au système* S *sont simultanément mesurables la valeur de la constante k n'est pas univoquement déterminée : toute valeur positive est également acceptable et l'on peut établir une correspondance entre les représentations au moyen d'éléments de prévision faisant intervenir des valeurs* k_1 *et* k_2 *distinctes.*

S'il existe des grandeurs non simultanément mesurables, la valeur de la constante k est unique : on ne peut obtenir des prévisions identiques avec un formalisme d'éléments de prévision faisant intervenir une constante k_1 *et un autre faisant intervenir une constante* k_2 *distincte de* k_1. *Par suite, il existe une seule valeur de k qui permette de formuler les prévisions d'une manière adéquate.*

Ce théorème, dont nous donnerons ailleurs une démonstration précise, a pour effet de lier la signification du principe de décomposition spectrale à l'existence de grandeurs non simultanément mesurables : si toutes les grandeurs sont simultanément mesurables (cas de la mécanique macroscopique), le principe de décomposition spectrale apparaît comme une simple convention, la valeur de k est arbitraire et l'on convient de la choisir égale à 2. Au contraire, s'il existe des grandeurs non simultanément mesurables, la valeur de k est unique, mais la théorie générale des prévisions ne suffit pas pour en fixer la valeur; pour la fixer, il faut une loi physique imposant une condition nouvelle : le principe de décomposition spectrale vient fixer que $k = 2$; donc, s'il existe des grandeurs non simultanément mesurables, le principe de décomposition spectrale apparaît comme exprimant une loi physique fondamentale, d'où ce corollaire du théorème précédent :

Corollaire. — *Si toutes les grandeurs physiques attachées au système* S *étudié sont simultanément mesurables, le principe de décomposition spectrale est une simple convention exprimant un choix parmi les valeurs arbitraires de la constante k.*

S'il existe des grandeurs non simultanément mesurables, le principe de décomposition spectrale exprime une loi physique fondamentale. Une fois le formalisme de la théorie des prévisions construit, son énoncé se réduit à : « La valeur

adéquate de la constante k pour exprimer les prévisions est 2 ». Toute autre valeur de la constante k fournirait des valeurs différentes pour les probabilités et serait par suite inadéquate.

Ainsi apparaît une liaison étroite entre la possibilité et l'impossibilité de mesures simultanées et les principes de type ondulatoire, liaison qui ne pouvait être mise en évidence qu'en utilisant le formalisme de la théorie générale des prévisions.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges et structure de carbonates, bicarbonates et thiocarbonates métalliques.* Note de Mme **Raymonde Duval**, MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Tous les produits ont été examinés sous forme de poudres entre les fréquences de 550 et 1700 cm^{-1} environ au moyen des spectromètres enregistreurs précédemment décrits. Seuls les carbonates, sous la forme cristalline, avaient été étudiés antérieurement dans cette région.

Carbonates (12 métaux différents). — Ils possèdent tous des maxima d'absorption bien marqués vers 710, 850 et 1420 cm^{-1}, qui s'interprètent, suivant la théorie classique, comme représentant respectivement : une vibration de déformation double dégénérée ω_{45}, une vibration gauche ω_6 et une vibration de valence double dégénérée ω_{23} de l'ion CO^3. Celui-ci possède, en outre, une vibration de valence entièrement symétrique ω_1, qui, dans l'hypothèse généralement admise d'une structure plane, doit être inactive dans l'absorption. Nous avons néanmoins trouvé assez souvent, vers 1060 cm^{-1}, une bande faible, qui, par suite de sa concordance avec la plus forte raie du spectre de diffusion, représente ω_1. Son apparition, dans l'absorption, s'explique si l'on considère non plus les vibrations des ions CO^3 isolés, mais celles des mailles cristallines.

Bicarbonates (5 métaux différents). — Comme ils possèdent cinq masses vibrantes, ils peuvent donner lieu à neuf vibrations fondamentales, se répartissant en six vibrations de CO^5 et trois vibrations dues à la présence de l'atome d'hydrogène. Par suite de la disparition de l'axe ternaire, elles sont toutes actives à la fois dans l'absorption et dans la diffusion. Les vibrations ω_{45} et ω_{23} donnent ainsi naissance chacune à deux bandes séparées que nous avons mesurées vers 660 et 690-700 cm^{-1}, d'une part, et vers 1300-1410, 1610-1700 cm^{-1}, d'autre part. La vibration gauche ω_6 se retrouve vers 630-640 cm^{-1}, mais la pulsation ω_1, indiquée par une bande très forte, se déplace par rapport aux carbonates neutres, vers de plus faibles fréquences (980-995 cm^{-1}).

Dans les bicarbonates, il semble que l'ion CO^3 reste plan, et que l'atome d'hydrogène soit relié à l'un des atomes d'oxygène. Il peut alors se placer, soit dans le plan CO^3, soit en dehors de ce plan sur un axe vertical passant par l'un des atomes d'oxygène. Le choix entre les deux structures peut se faire au moyen des spectres infrarouges en étudiant les maxima caractéristiques des

vibrations O—H. Nous avons, en effet décelé, vers de courtes longueurs d'onde, une très forte bande, probablement vers 3300 cm^{-1}, mais dont nos appareils n'ont pas permis de fixer exactement la position. Elle représente vraisemblablement une vibration de valence de groupements O—H associés, ce qui indiquerait que l'atome d'hydrogène n'est pas dans le plan CO^3. Une confirmation de ce point de vue est obtenue par la considération des deux autres vibrations du groupement OH. Avec une structure plane de l'ion bicarbonate, on prévoit une vibration gauche, dont la fréquence doit être très voisine de celle de ω_6, et une vibration plane de déformation avec une fréquence de l'ordre de 1350 cm^{-1}, d'après nos études antérieures sur les hydroxydes métalliques en particulier. Mais alors on ne s'explique pas l'apparition d'une suite de bandes faibles vers 1110 cm^{-1}. Au contraire, si l'atome d'hydrogène est en dehors du plan CO^3, on doit bien retrouver une fréquence de déformation dans la même région que ω_{23}; mais, en outre, une vibration de torsion dont la fréquence s'accorde bien avec les nombres mesurés vers 1110 cm^{-1}. Dans les bicarbonates, les ions CO^3, plans, se placent au-dessus les uns des autres; ils sont reliés entre eux par un atome d'hydrogène formant un pont entre deux atomes d'oxygène de deux molécules différentes.

Thiocarbonates (5 métaux différents). — Le passage de l'ion CO^3 à l'ion CS^3, si la symétrie de la molécule reste la même, doit seulement modifier un peu les fréquences des vibrations, mais non leur nombre. Si l'ion CS^3 était pyramidal, la vibration ω_1 deviendrait active dans l'absorption. L'une ou l'autre hypothèse ne peut expliquer l'apparition de toutes les zones d'absorption que nous avons décelées vers 690 (m ou f), 811-893 (f à aF), 895-968 (F à TF), 1082-1109 (f à F), 1472-1625 (TF) cm^{-1}. Une comparaison avec les bicarbonates indique une analogie entre les deux spectres et l'apparition probable du groupement CS^3H. Il existe néanmoins des différences, en ce que les vibrations ω_{45} et ω_{23} ne sont pas dédoublées (quoique les dégénérescences soient levées), le métal exerce une influence notable sur la fréquence des vibrations ω_6 et ω_1. Nous trouvons une bande vers 1110 cm^{-1}, que nous nous représentons comme une torsion de S—H (l'atome d'hydrogène étant supposé en dehors du plan CS^3, comme pour les bicarbonates) et une autre bande très forte, qui sort de notre domaine vers des plus grandes fréquences et qui représente assurément une vibration de valence S—H. Nous devons donc admettre, qu'au cours de la préparation ou de la manipulation des thiocarbonates, une partie s'est transformée en thiocarbonates acides. L'intensité de la bande vers 1110 cm^{-1} permet de reconnaître que la transformation s'est effectuée sur une très faible partie dans le cas des thiocarbonates de Ba et de Sr, qu'elle a porté sur une portion un peu plus importante avec Pb, et encore beaucoup plus grande avec Zn et Cd. Les spectres infrarouges fournissent ainsi des indications sur l'existence et la structure probable de thiocarbonates acides qui ne semblent pas avoir été isolés jusqu'à présent.

SPECTROSCOPIE. — *Présence du système de bandes de Lyman de la molécule d'azote dans le rayonnement ultraviolet du ciel nocturne.* Note (¹) de M. **Louis Herman**, transmise par M. Charles Fabry.

Lorsqu'on cherche à identifier les diverses radiations composant le rayonnement du ciel nocturne à des bandes à niveaux de vibration élevés, calculées par extrapolation des formules empiriques, on se heurte aux difficultés suivantes :

1° Tout d'abord, la plupart des formules représentant les têtes ou les raies origines ne sont valables que pour les bandes pour lesquelles elles ont été calculées. Lorsqu'on découvre de nouvelles bandes du même système, on peut être amené, non seulement à ajouter des termes supplémentaires, dans le polynome représentant les niveaux de vibration, mais encore à modifier les coefficients de la formule primitive.

2° En outre, les valeurs des quantités B' et B'' varient d'une bande à l'autre. Ces variations entraînent un décalage variable de la position de la tête par rapport à la raie origine, décalage qui peut devenir important si $B'-B''$ prend des valeurs assez petites.

3° Il faut tenir compte également de la répartition des intensités dans le système de bandes. La règle de Franck-Condon a une validité telle qu'on ne doit guère s'en écarter.

4° Enfin, il ne faut pas oublier que l'intersection avec d'autres niveaux électroniques peut entraîner la disparition de niveaux de vibration élevés.

Lors des essais d'identification de certaines radiations du ciel nocturne à des bandes du système $a^1\Pi_u - X^1\Sigma_g$, il n'a pas toujours été possible de tenir compte de toutes ces difficultés, en raison de l'insuffisance des données expérimentales. C'est ainsi que C. T. Elvey, P. Swings et Linke (²) ont cru pouvoir extrapoler jusqu'à $v''=31$ la formule de Birge-Hopfield, établie pour $0 < v'' < 13$. Les écarts entre les nombres calculés par cette formule et les mesures faites sur le ciel nocturne sont du même ordre que les erreurs expérimentales (± 1 à ± 3 Å). Nous avons mesuré les bandes du système de Lyman jusqu'à $v''=27$, ce qui nous a conduit à compléter la formule de Birge-Hopfield et à la remplacer par la formule suivante, qui représente mieux l'ensemble des bandes observées :

$$\nu = 68962{,}7 + (1678{,}959\,v' - 13{,}3181\,v'^2 - 0{,}035353\,v'^3 - 0{,}002298\,v'^4 + 0{,}0002094\,v'^5) - (2345{,}16\,v'' - 14{,}445\,v''^2 + 0{,}0064958\,v''^3 - 0{,}000509\,v''^4).$$

(¹) Séance du 30 novembre 1942.

(²) *Astrophysical Journal*, 93, 1941, pp. 337-348; voir aussi G. Déjardin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 360; *Société Française de Physique*, Section de Lyon, Réunion du 14 juin 1941.

L'extrapolation de cette formule [formule (II) du tableau] au delà de $v''=27$ est encore incertaine, mais il est probable que les écarts entre les nombres calculés et observés seront moindres qu'avec celle de Birge-Hopfield formule (I)].

On voit dans le tableau ci-dessous que les écarts entre les longueurs d'onde trouvées dans le ciel nocturne et celles qui ont été calculées par nous peuvent atteindre des valeurs notables.

Calculées		Ciel identif.	
form. (I).	form. (II).	précédente.	v', v''.
2845	2844	2844	0,16
2856	2850	2856	9,24
2862	2861	–	1,17
2874	2866	2873	10,25
2878	2877	2880	2,16
2892	**2882**	2893	11,26
2895	2893	2893	3,19
2911	2899	2914	12,27
2911	2909	2914	4,20
2928	2925	2928	5,21
2930	2914	2928	13,28
2945	2941	2947	6,22
2962	2956	2963	7,23
2979	2972	2980	8,24
2996	2987	2995	9,25
3005	3004	3004	0,17
3013	3002	3012	10,26
3021	3019	3020	1,18
3031	3018	3029	11,27
3036	3034	3034	2,19
3049	3032	3047	12,28
3052	3049	3052	3,20
3067	3047	3067	13,29
3068	3064	3067	4,21
3084	3079	3085	5,22
3100	3099	3103	6,23
3116	3108	3114	7,24
3132	3122	3134	8,25
3148	3136	3150	9,26
3164	3149	3164	10,27
3180	3163	3178	11,28
3181	3179	3178	0,18
3196	3193	3199	1,19
3197	3176	3199	12,29
3210	3207	3207	2,20
3214	3188	3215	13,30
3225	3221	3228	3,21
3239	3234	3240	4,22
3254	3247	3255	5,23
3269	3260	3269	6,24
3283	3273	3285	7,25
3298	3285	3297	8,26
3313	3297	3315	9,27
3327	3308	3326	10,28
3342	3320	3342	11,29
3357	3330	3360	12,30
3373	3349	3371	13,31
3375	3373	3377	0,19
3389	3385	3392	1,20
3402	3397	3399	2,21
3415	3409	3416	3,22
3428	3420	3430	4,23
3441	3431	3439	5,24
3453	3442	3452	6,25
3466	3462	3468	7,26
3479	3462	3488	8,27
3492	3472	3488	9,28
3505	3479	3501	10,29
3518	3489	3521	11,30
3531	3496	3530	12,31
3591	3587	3595	0,20
3603	3597	3601	1,21
3614	3607	3611	2,22
3625	3616	3629	3,23
3635	3625	3638	4,24
3646	3633	3644	5,25
3657	3641	3658	6,26
3667	3648	3666	7,27
3678	3655	3675	8,28
3688	3661	3685	9,29
3698	3665	3700	10,30
3709	3671	3713	11,31
3833	3827	3834	0,21
3841	3834	3843	1,22
3850	3840	3852	2,23
3858	3846	3852	3,24
3866	3851	3867	4,25
3873	3856	3874	5,26
3881	3860	3882	6,27
3888	3863	3892	7,28
3896	3866	3895	8,29
3903	3868	3905	9,30
3910	3867	3910	10,31

La deuxième difficulté semble devoir introduire également des corrections importantes. Lorsque v'' augmente à partir de o, la tête de la bande se déplace

vers les courtes longueurs d'onde, ce qui augmente encore le désaccord précédent. Pour déterminer ce décalage relatif, il faut connaître les variations de B'' en fonction de v''. Si l'on admet la relation $B''_v = B_0 - \alpha v$ (probablement insuffisante), on est conduit à un décalage de 435 cm^{-1} pour la bande (0,20), par exemple, et l'on obtient même une dégradation vers le violet pour la bande (0,21). Les bandes correspondant aux quanta de vibration les plus élevés du niveau inférieur, dans l'identification proposée par Elvey, Swings, Linke et Déjardin, sont proches de la région où la dégradation passe du rouge au violet : les bandes doivent alors apparaître sans têtes.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Enrichissement du tétrachlorure de carbone en chlore* 37 *par diffusion thermique*. Note [1] de M. **André Fournier**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que, dans une enceinte où la température n'est pas uniforme, un mélange gazeux se sépare partiellement, la concentration en molécules légères étant plus grande dans les régions les plus chaudes. Un moyen de multiplier ce faible effet de diffusion thermique est d'utiliser un gradient de température horizontal (entre parois verticales); les courants de convection accumulent alors les molécules légères vers le haut et les lourdes vers le bas jusqu'à un équilibre avec la diffusion ordinaire qui s'oppose à cette séparation. C'est la méthode de Clusius et Dickel [2], qui est également applicable aux liquides [3].

Les caractéristiques de l'appareil utilisé sont les suivantes : hauteur 3^m; les parois chaude et froide sont des cylindres métalliques de diamètres respectifs 41 et 45^{mm} (intervalle 2^{mm}). Les expériences ont été faites avec des différences de température ΔT de 55° et 37°.

Le tétrachlorure de carbone utilisé était de la qualité Rhône-Poulenc pour analyses, à nouveau distillé. Ce tétrachlorure contient des molécules CCl_4^{35}, $CCl_3^{35}Cl^{37}$, $CCl_2^{35}Cl_2^{37}$, $CCl^{35}Cl_3^{37}$, CCl_4^{37}. En désignant par c_1 et c_2 les concentrations de Cl^{35} et de Cl^{37} dans le chlore (c_1 0,754; c_2 0,246), les concentrations de ces molécules sont respectivement c_1^4, $4c_1^3c_2$, $6c_1^2c_2^2$, $4c^1c_2^3$, c_2^4, soit en % : 32,3; 42,2; 20,6; 4,5; 0,4. La séparabilité [4] de ce mélange (somme des produits des pourcentages par l'écart au poids moyen divisée par ce poids moyen) est de 0,9 alors qu'elle est de 2,0 pour l'atome chlore.

Au bout de 4 h. 30 min., 8 h. 30 min. et 25 h. 30 min., j'ai prélevé, au bas de l'appareil, des prises de 25^{cm^3} sur lesquelles j'ai fait les mesures suivantes :

Teneur en Cl^{37} *par dosage pondéral du chlore.* — Le tétrachlorure est réduit

---

(1) Séance du 11 novembre 1942.

(2) *Naturwissenschaften*, 26, 1938, p. 546.

(3) *Ibid.*, 27, 1939, p. 148.

(4) Aston, *Mass-spectra and Isotopes*, London, 1933, p. 183.

en chloroforme suivant la réaction

$$2\,CCl^4 + 2\,Zn + SO^4H^2 \rightleftharpoons 2\,CHCl^3 + SO^4Zn + Cl^2Zn.$$

Le chlorure est précipité à l'état de ClAg par une quantité connue de NO^3Ag; ClAg est séché et pesé. En effectuant ce dosage sur le liquide initial et sur un échantillon de liquide enrichi, j'en déduis la variation de masse atomique du chlore, c'est-à-dire l'enrichissement en Cl^{37}. En réalité, même en opérant dans des conditions aussi semblables que possible pour les deux échantillons, je ne peux atteindre, surtout à cause de la solubilité de ClAg dans des solutions concentrées de SO^4Zn, qu'un ordre de grandeur de la séparation. En désignant par a le rapport c_1/c_2, la variation relative da/a est d'environ 1/2 centième pour la meilleure séparation.

Densité. — J'ai fait des mesures répétées sur les différents échantillons et sur le produit initial par la méthode du flacon avec une balance à 1/10 mg. L'augmentation relative de densité est d'environ 7.10^{-5} pour la séparation de 25 h. 30 min. avec $\Delta T = 37°$.

Indice. — Les mesures d'indice ont été faites avec un réfractomètre interférentiel Löwe-Zeiss (à autocollimation avec chambres de 2^{cm}), le liquide de référence étant le tétrachlorure initial. La précision avec des lectures répétées est d'environ 1/50 d'interfrange. Pour le liquide précédent, l'augmentation d'indice est $dn = (2,21 \pm 0,03).10^{-5}$.

Ces mesures d'indice, de beaucoup les plus précises, permettent de confirmer que, dans la limite des expériences, l'enrichissement est proportionnel à la différence de température et de déterminer la constante de temps de la séparation qui est 10 heures dans les conditions indiquées.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Sur la dépolarisation des raies Raman de l'acide métamolybdique en solution aqueuse.* Note de Mlles **Marcelle Murgier** et **Marie Théodoresco**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons repris l'étude de l'acide métamolybdique $4MoO^3, H^2O$ [1] en solution aqueuse, auquel on donne généralement le nom d'*acide colloïdal de Graham*. Les solutions utilisées ont titré entre 1,6 et 1,8 MoO^3 par litre. Leur stabilité est suffisante pour que la durée des poses atteigne 50 heures et plus, durée nécessaire pour l'étude de la dépolarisation des raies Raman avec un montage fort petit et dont le spectrographe est ouvert à $f/8$. Les progrès de la préparation [2] sont donc très sensibles, puisque nous n'avons pas été gênées par les particules colloïdales.

---

(1) E. Darmois, Yves Doucet et Mlle Marcelle Murgier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 750.

(2) Mlle Marcelle Murgier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 583.

Nous avons déjà fait connaître les raies Raman ([3]) de cet acide. Elles ont été alors comparées d'une part à celles des molybdates neutres, d'autre part à celles des paramolybdates. D'autres études ayant suivi ces premiers tâtonnements sur le spectre Raman de l'acide molybdique, soluble et colloïdal de Graham, nous en avons parlé plus longuement et avec plus de précision dans notre Thèse ([4]). Depuis, nous avons continué les études sur le même corps et nous connaissons à présent le nombre de raies polarisées de son spectre Raman.

Nous avons obtenu *une seule raie polarisée*, 950 cm^{-1}. C'est la raie qui tranche par son intensité par rapport au reste du spectre. Elle fait partie du *paquet caractéristique* des molybdates en général, groupement de raies qui frappe à première vue. Grâce à d'autres études, sur lesquelles nous comptons revenir, nous pouvons faire une attribution des fréquences de la plupart des raies Raman. La raie polarisée correspond à une vibration symétrique de valence de l'individu MoO^3. *A priori*, on ne peut donc pas admettre pour MoO^3 le système pyramidal à symétrie C_{3v}, qui exige deux raies polarisées. MoO^3 aurait une configuration plane, d'autant plus difficile à déterminer qu'il ne se trouve pas à l'état isolé dans les solutions aqueuses que nous avons étudiées; il entre dans des groupements. En effet, le nombre relativement grand des raies de son spectre Raman étaie l'hypothèse ([4]) d'une association complexe $4MoO^3, H^2O$.

La raie 853 cm^{-1}, qui nous avait intriguées dès nos premiers résultats parce qu'elle ne figurait ni sur les spectres des molybdates neutres, ni sur ceux des paramolybdates et qui elle aussi fait partie du *paquet caractéristique*, est *dépolarisée*. Rappelons que cette même raie a réapparu avec le complexe dimolybdomalate d'ammonium ([5]) alors qu'elle est absente sur les spectres Raman des molybdodimalates ([6]). Nous attribuons jusqu'ici cette raie à une vibration non symétrique ou bien à une vibration de déformation du groupe tétra ou métamolybdique.

Nos spectres Raman nous font penser qu'aux très grandes concentrations employées, on ne peut admettre que l'ion tétra ou métamolybdique Mo^4O^{13--} soit en équilibre avec l'ion MoO^{4--}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des ions sur le tassement d'une suspension de poudre de quartz*. Note de M. **Vsevolod Romanovsky**.

Lorsqu'une poudre monodispersée de quartz se sédimente, le volume occupé par le dépôt dépend du degré de resserrement de l'assemblage. Les expériences ont montré que celui-ci est conditionné, d'une part, par la dimension

([3]) Mlle Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 531.
([4]) Mlle Marie Théodoresco, *Thèse*, Paris, 1942, n° 2861.
([5]) Mlle Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 169.
([6]) Mlle Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 312.

des particules et, d'autre part, par la présence d'ions dans le dispersant. Il faut remarquer que les fragments de quartz sont sensiblement polyédriques. J'ai fait une série d'expériences qui ont consisté à faire varier la nature et la quantité des ions et à mesurer le volume occupé par le dépôt, en tassement libre, après une agitation de 15 minutes.

Dans le volume d'un dépôt, une partie est occupée par les particules solides et l'autre par l'eau; cette seconde partie est généralement appelée *volume des vides*, tandis que la première porte le nom de *volume des pleins*. Si, par définition, la somme des deux volumes est considérée comme égale à l'unité, le volume des vides sera exprimé par la relation

$$V = 1 - v,$$

il sera toujours ainsi inférieur à l'unité.

Une autre représentation commode consiste à utiliser l'*indice des vides* donné par la relation

$$\varepsilon = \frac{\text{volume des vides}}{\text{volume des pleins}} = \frac{V}{1 - V}.$$

Sa valeur est toujours supérieure à l'unité et elle peut, théoriquement, augmenter indéfiniment. Mais, dans la pratique, on ne peut avoir des particules infiniment écartées les unes des autres. Dans la suite de cette Note nous utiliserons ε de préférence à V, car il varie dans de plus larges proportions et permet ainsi une représentation plus explicite.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des expériences effectuées en faisant varier, d'abord la nature des cathions; puis, pour un même cathion, en variant l'anion.

Quartz		Dispersant		Ions				
Poids.	Dimension.	Nature.	Quantité.	Nature.	Quantité.	Valence.	V_t.	ε.
5g	7µ	H^2O	25cm³	eau bidistillée			3,9	1,6
5	7	H^2O	25	eau du robinet			4,9	2,3
5	7	H^2O	25	CO^3Li^2	0,74	1	5,3	2,5
5	7	H^2O	25	CO^3Na^2	1,08	1	6,8	3,5
5	7	H^2O	25	CO^3K^2	1,38	1	7,0	3,7
5	7	H^2O	25	SO^4Na^2	1,42	1	6,8	3,5
5	7	H^2O	25	$(SO^4Mg)^2$	2,40	2	9,2	5,1
5	7	H^2O	25	$(SO^4)^3Al^2$	3,42	3	9,5	5,3
5	7	H^2O	25	SO^4K^2	1,74	1	7,0	3,7
5	7	H^2O	25	$(NO^3K)^2$	2,80	1	6,9	3,6
5	7	H^2O	25	$(ClO^3K)^2$	3,24	1	7,1	3,7
5	7	H^2O	25	$(ClK)^2$	2,20	1	7,1	3,7
5	10	H^2O	25	eau bidistillée			3,7	1,5
5	10	H^2O	25	$(NO^3K)^2$	2,80	1	5,2	2,5
5	20	H^2O	25	eau bidistillée			3,5	1,3
5	20	H^2O	25	$(NO^3K)^2$	2,80	1	4,0	1,6

Température 15° C.

(V_t n'est pas le volume des vides, mais le volume total, en cm³, lu directement sur l'éprouvette d'expérience).

Pour tous les corps chimiques dissous les quantités incorporées étaient égales à 4N/10; pour certains produits cette valeur dépassait légèrement la solubilité maximum à 15°.

L'étude de ce tableau permet de faire les constatations suivantes :

1° L'indice des vides est excessivement petit dans le cas de l'eau bidistillée. L'assemblage est alors très serré; mais dès que l'on utilise de l'eau du robinet, cet indice augmente immédiatement, les ions de cette eau suffisent à donner un assemblage beaucoup plus lâche.

2° A valence égale et pour le même anion, l'indice des vides augmente avec le poids atomique du métal qui constitue le cathion.

3° Pour le même anion, l'indice des vides augmente avec la valence.

4° Pour un même cathion, l'indice des vides est indépendant de l'anion qui lui est associé.

5° L'indice des vides, pour des particules entre 7 et 20$^{\mu}$ (limite supérieure des poudres), tend à diminuer lorsque la grosseur des particules augmente pour une incorporation identique d'ions.

Ces quelques observations pourront trouver une application intéressante dans l'étude du degré de perméabilité des poudres et des sables (sous tassement libre) aux diverses eaux d'infiltration, comme elle a déjà été faite pour les particules argileuses [1].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cryoscopie de l'acide isanique.* Note de MM. **Yves Doucet** et **Marius Fauve**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'acide isanique extrait de l'huile d'Isano, dont l'un de nous a fait l'analyse, serait un acide en C_{18}. Les indices de neutralisation, d'hydrogène et d'iode, ainsi que l'étude de la décomposition par l'ozone et le spectre Raman lui assignent la formule

$$CH^2{=}CH{-}(CH^2)^4{-}C{\equiv}C{-}C{\equiv}C{-}(CH^2)^7{-}COOH.$$

On aurait donc $M = 274$.

La cryoscopie a été faite par la méthode d'*équilibre* : Dans un vase de Dewar argenté, on introduit le solvant pur et une quantité à peu près égale de ses cristaux. On détermine, avec un thermomètre Roberteau, la température d'équilibre. La fixité du palier de température est assurée par un contact intime et permanent des deux phases, grâce à un agitateur rotatif.

Sans arrêter l'agitation et sans ouvrir le récipient, on introduit, par un tube *ad hoc*, quelques centigrammes d'acide isanique fraîchement purifié par épuisement à l'éther. On observe un nouvel état d'équilibre aussi stable et aussi bien déterminé que le précédent. Sa durée n'est limitée que par l'adia-

---

[1] P. Urbain, *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, fasc. **14**, 1941, p. 106.

batisme de l'appareil. Il est facile, avec un viseur à oculaire micrométrique, de mesurer l'abaissement de température au 1/1000 de degré près. Le nombre obtenu, dans ces conditions, a une signification précise [1].

La concentration est connue par évaporation lente, à l'étuve, d'un prélèvement de 80^{cm^3} et d'un prélèvement de contrôle faits pendant la durée du palier de température.

Nous avons d'abord étudié les solutions dans l'acide acétique. Aux avantages de la méthode d'équilibre s'en ajoute un autre, la suppression des difficultés dues à l'hygroscopicité du solvant. Alors que la méthode de surfusion peut conduire à des résultats incohérents [2], il n'en est plus de même ici. La courbe des abaissements moléculaires, calculés avec $M = 274$, extrapolée à l'origine, passe par la valeur de la constante cryoscopique de l'acide acétique, ce qui confirme la masse moléculaire déduite des données chimiques.

La cryoscopie dans le benzène, faite dans les mêmes conditions, conduit à une masse moléculaire double. On sait que ce fait est, à peu près, constant pour les molécules possédant un oxhydrile.

Tableau de résultats. — On a p g. d'acide isanique dans P g. de solution. La molarité est

$$m = \frac{1000 . p}{274 . P}.$$

Solvant, acide acétique; constante cryoscopique $\lambda_0 = 0,001988 \dfrac{289,4^2}{44,7} = 3,72$.

Abaissement de temp. (θ)...	0,010	0,017	0,030	0,041	0,068	0,146
Molarité (m).............	0,00273	0,00451	0,00794	0,01094	0,01742	0,03390
Abaissement molécul. (θ/m).	3,66	3,77	3,78	3,75	3,90	4,31

Solvant, benzène; constante cryoscopique $\lambda_0 = 0,001988 \dfrac{278,5^2}{30,11} = 5,12$.

Abais. de temp. (θ)..	0,018	0,024	0,026	0,031	0,070	0,089	0,094
Molarité (m)........	0,00715	0,00929	0,01007	0,01171	0,02558	0,03080	0,03297
Abais. molécul. (θ/m).	2,52	2,58	2,58	2,65	2,74	2,89	2,85

CHIMIE PHYSIQUE. — *Conductibilités électriques de la thorine aux températures élevées.* Note [1] de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le présent travail a pour objet l'étude entre 600 et 2100° de la résistivité de la thorine placée dans différents milieux. L'oxyde utilisé est très pur, exempt d'oxyde de cérium et des éléments de son groupe.

---

(1) Yves Doucet, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 577.

(2) Berlande, *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1923, p. 468.

(1) Séance du 9 novembre 1942.

La thorine est pressée (3000 kgs-cm^2) sous forme d'éprouvettes cylindriques de 1^{cm} de diamètre et de 2 à 3^{cm} de hauteur. Ces éprouvettes sont ensuite soumises à l'action d'une température de 2100°. La densité apparente des échantillons est 7,8; la densité réelle de la thorine étant environ 10,2, la porosité de ces échantillons est de 24 %. Les mesures ont été effectuées, à l'aide d'un appareillage semblable à celui utilisé précédemment par l'auteur pour l'étude des conductibilités de la glucine ([2]), dans un tube de silice chauffé par un enroulement de chromel (au-dessous de 1200°) ou au four à résistance de carbone (au-dessus de 1200°). Les éprouvettes sont placées entre des électrodes de platine dans le premier cas, et de molybdène dans le deuxième. On détermine les résistivités en mesurant l'intensité du courant qui traverse les éprouvettes sous une différence de potentiel de 220 V. Les résultats suivants ont été obtenus :

$t°$	600.	800.	1000.	1200.	1500.	1800.	2100.
			Résistivité en ohms-cm.				
O^2	22000000	700000	70000	14000	–	–	–
Air	40000000	1200000	120000	19000	–	–	–
N^2	85000000	2600000	210000	40006	5600	1500	450
CO^2	80000000	2400000	180000	42000	–	–	–
Vide	65000000	2000000	130000	22000	–	–	–
H^2	–	30000000	1200000	90000	4000	250	–
CO.........	–	18000000	700000	85000	–	–	–

Les variations de la résistivité ρ de la thorine suivent la loi $\rho = A\,e^{B/T}$, ou $\log\rho = C + B/T$; A, B et C étant des constantes (C est ici négatif), T la température absolue. Seuls les résultats obtenus dans l'hydrogène au-dessus de 1200° s'écartent sensiblement de cette loi. Les valeurs de $\log\rho$ sont fonctions linéaires de l'inverse des températures absolues.

De l'ensemble de ces résultats on peut déduire les considérations suivantes :

1° La variation de résistivité de la thorine en fonction de la température est beaucoup moins rapide que pour la plupart des autres oxydes réfractaires, la magnésie ([2]), la glucine ([2]) ou l'alumine. Le coefficient B a les valeurs moyennes suivantes entre 1000 et 1800° (échantillons préalablement calcinés à 2100°, atmosphère d'azote) $7,1.10^3$ (ThO^2), $12,6.10^3$ (MgO), $13,5.10^3$ (GlO). La thorine est un isolant très inférieur aux réfractaires précédents à 1000° : 210000^{ω} (ThO^2), 20000000^{ω} (MgO), 80000000^{ω} (GlO), mais elle présente vers 2000° une résistivité du même ordre : 650^{ω} (ThO^2), 800^{ω} (MgO), 1600^{ω} (GlO).

2° La conductibilité de la thorine dépend beaucoup du milieu où elle se trouve placée. Aux températures inférieures à 1400° la thorine est meilleur isolant en milieu réducteur (H^2, CO) qu'en milieu neutre (N^2, CO^2, vide), et surtout qu'en milieu oxydant (air, O^2). Cette propriété n'est marquée par

---

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 665.

aucune variation décelable de la composition des échantillons qui ne présentent en particulier pas de changement sensible de poids. La conductibilité des oxydes étant considérablement augmentée par la présence de quantités très faibles d'impuretés, on peut toutefois supposer que la thorine contient en milieu oxydant un très léger excès d'oxygène, ce dernier serait dissous dans la thorine ou encore formerait un composé plus riche en oxygène que cette dernière. Cet oxygène supplémentaire ne disparaîtrait qu'incomplètement en milieu neutre, et il serait nécessaire pour l'enlever de faire intervenir un réducteur (H^2, CO). La conductibilité décroît alors considérablement (43 fois à 800°, 17 fois à 1000°). Il est à noter que seule la thorine pure présente nettement les particularités précédentes.

Enfin, aux températures supérieures à 1400°, la thorine devient plus conductrice en milieu réducteur (hydrogène) qu'en milieu neutre (azote), par suite, probablement, d'un début de réduction ([3]). Cette réduction provoquerait une conductibilité supplémentaire d'ordre électronique, due à la présence, dans la thorine partiellement réduite, des électrons de valence du thorium en excès, non liés à ceux de l'oxygène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'action des rayons* X *sur l'acide sulfhydrique.* Note ([1]) de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jacques Duclaux.

A. Debierne ([2]) et, après lui, W. Duane et O. Scheuer ([3]) ont montré que les radiations ionisantes provoquent dans l'eau une véritable électrolyse sans électrodes, en entraînant sa décomposition en hydrogène et oxygène. Un phénomène analogue s'observe en soumettant aux rayons X une solution aqueuse d'acide sulfurique : on constate alors la formation d'un précipité de soufre. L'intérêt du phénomène est d'apparaître rapidement, dès une dose de 60 000 *r* et, en même temps, de permettre d'apprécier directement, par le simple examen du soufre libéré, l'action du rayonnement.

Le rayonnement X est constitué ici par la raie K_α de Mo, filtrée sur $0^{mm},05$ de Al. Le soufre précipité est dosé soit par iodométrie, soit par turbidimétrie.

En administrant, en vases ouverts, des doses uniformes de 500 000 *r* (dose mesurée à la surface du liquide) à des solutions contenant des concentrations diverses de H^2S, on constate que la quantité de soufre précipité augmente avec la concentration :

Concentration de la solution de H^2S ($\times 10^{-3}$ N)....	0.	2,4.	4.	5,1.	6.
S libéré, apprécié par la densité optique de la solution..	0	0,09	0,16	0,17	0,18
H^2O^2 mg °/₀₀ formée, dosée par la méthode au SO^4Ti....	5	0,4	0	0	0

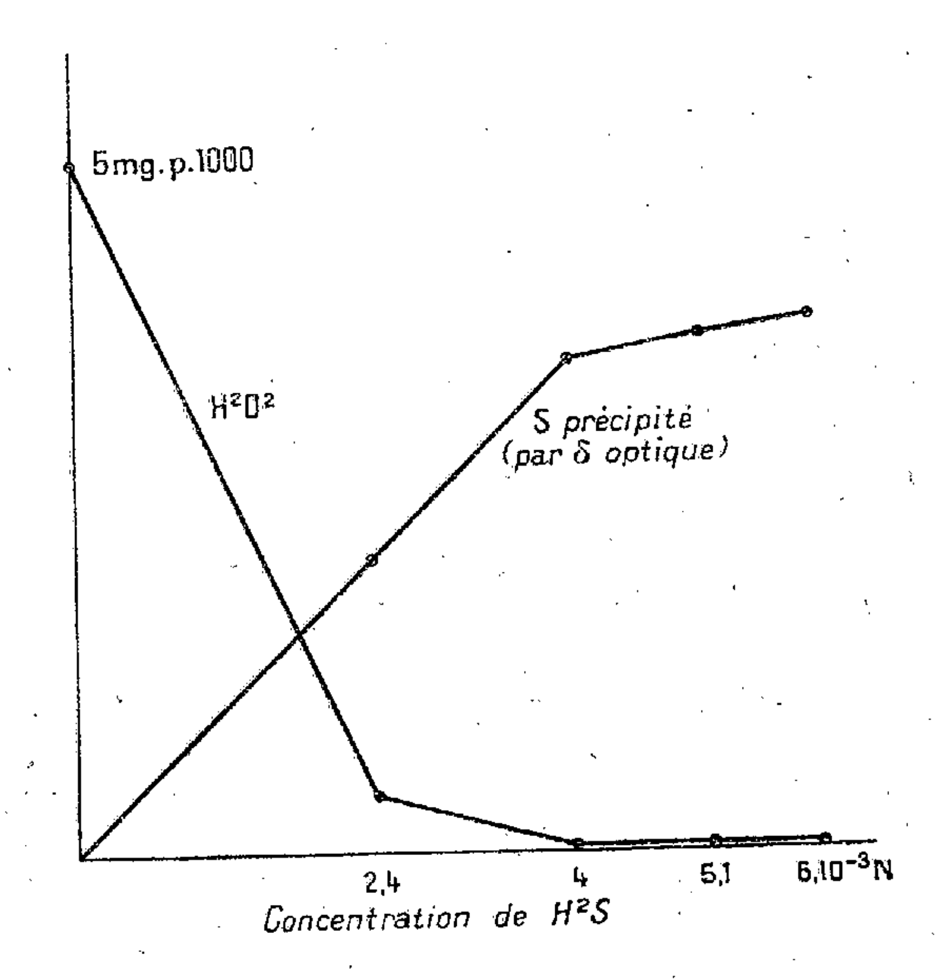
([3]) Voir au sujet de la réduction de la thorine par l'hydrogène B. Segall, *Chem. Ztg.*, 52, 1928, p. 897.

([1]) Séance du 3 novembre 1942.

([2]) *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 703; *Le Radium*, 6, 1909, p. 65.

([3]) *Le Radium*, 10, 1913, p. 33.

L'état physique du soufre libéré dépend de la concentration initiale de H^2S. Pour une très faible concentration, le soufre reste en suspension à l'état



colloïdal. Dès une concentration notable, il forme un précipité sédimentant rapidement, ce qui conduit à effectuer très rapidement la mesure de densité.

Fait à noter, la concentration de l'eau oxygénée, notable en l'absence de H^2S, diminue très rapidement et devient nulle pour une valeur suffisante de la concentration de H^2S. Ce fait peut s'expliquer par la décomposition réciproque de l'eau oxygénée à l'état naissant et de H^2S présent. Le soufre précipité aurait ainsi une origine double, une partie provenant directement de l'irradiation, l'autre de l'action de l'eau oxygénée formée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Place des uranides* 93, 94 *dans la systématique naturelle des éléments*. Note de M. **Constantin Bedreag**.

Après avoir donné (1) la systématique naturelle des éléments 1-92, nous y placions (2), par une première extrapolation, les constituants des noyaux atomiques : les protons, neutrons et particules; par une seconde extrapolation, nous indiquions la place des trans-uraniens 93-96, tels qu'ils étaient alors présumés par Fermi, Hahn et autres. Les expériences ultérieures de Joliot, Hahn, Strassman infirmèrent l'existence de ces trans-uraniens, dont le noyau est brisé en des éléments plus légers. Cependant un isotope artificiel d'Ur,

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 838.
(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1197.

le $^{239}_{92}$Ur, ainsi que deux de ses suivants, $^{239}_{93}$ et un élément 94, se sont trouvés résistants à la brisure et, par leurs caractères analytiques spéciaux, occupent une place à part dans la systématique naturelle des éléments, ce sont *les uranides* 93 et 94.

En effet, l'isotope artificiel $^{239}_{92}$Ur, à durée de vie de 23 m., obtenu par captation d'un neutron lent et résistant à la brisure, par suite de l'émission d'une radiation β, devient l'élément suivant, $^{239}_{93}$, qui a une durée de vie de 2,3 j., émet à son tour des radiations β et donne l'élément suivant 94; aucune radiation n'a pu être décelée pour ce dernier, qui doit avoir une très longue durée de vie.

Les réactions analytiques de l'élément 93 ont pu être poursuivies très soigneusement de plusieurs côtés : B. Segré (1939), Mc Millan et Abelson (1940), à Berkeley ([3]); K. Starke (1941), O. Hahn u. Strassmann (1942), à Berlin ([4]). Par leurs conclusions concordantes, on constate que $^{239}_{93}$ ne précipite point avec H^2S, et n'est pas entraîné par le sulfure de Re, S^7Re^2 : le 93 n'est pas un homologue normal du Re.

Au contraire, le nouveau 93 est précipité par le sulfure d'ammonium, par l'acide fluorhydrique, par l'acide oxalique, par l'acétate de Na + un bromate comme oxydant et par l'ammoniaque; en plus il est entraîné par La, Ce, Th. 93 a donc des propriétés du Th et des terres rares et des propriétés analogues aussi à Ur^{VI}, car le 93 possède cette caractéristique de l'Ur de prendre facilement 2 degrés de valence, donc deux états énergétiques différents : à l'état oxydé il a la valence VI de l'Ur^{VI}, à l'état réduit la valence IV du Th^{IV} et de l'Ur^{IV}, et cette dernière est plus stable pour le 93^{IV} que pour Ur^{IV}. Par bien des propriétés analogues à Ur, le 93 est un uranide. Il doit être de même pour le 94.

Explication. — Des 7 électrons extérieurs de l'élément 93, il n'y en a que 6 ou 4 qui jouent le rôle d'électrons de valence, le septième reste caché; il doit être situé sur une couche plus profonde, qui est la couche ou niveau 5 *f* intérieur, niveau qui a été trouvé effectivement occupé dans cette dernière rangée d'éléments chez le Th^{+} et Th^{++} ([5]), et qui doit exister aussi pour U^{VI} et U^{IV}.

Par ces électrons intérieurs *f* s'ouvre une nouvelle colonne, analogue aux terres rares à électrons intérieurs 4 *f*, c'est la *colonne XXe des uranides*, et sa place est entre la colonne W, Ur et la colonne Mn, Ma, Re, comme on le remarque facilement dans le Tableau ci-après.

([3]) *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 1104; 57, 1940, p. 1185.
([4]) *Naturwissenschaften*, 30, 1942, pp. 107, 256 et 877.
([5]) *Zeitschr. f. Physik*, 118, 1941, p. 581.

Familles et électrons extérieurs	I 1 s	II 2 s+	IX +1d	XIX +14f	X 2d	XI 3d	XI 4d	XX 2f	XI 5d	XI 6d	XV 7d	XV 8d	XV 9d	XVI 10d	II +1p	IV 2p	V 3p	VI 4p	VI 5p	VII 8p
n																				
p H																				
He$^+$ He 2	Li 3	Be 4													B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Ne 10	Na 11	Mg 12													Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	A 18
A 18	K 19	Ca 20	Sc 21		Ti 22	V 23	Cr 24		Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Kr 36	Rb 37	Sr 38	Y 39		Zr 40	Nb 41	Mo 42		Ma 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Xe 54	Cs 55	Ba 56	La 57	Ce 58																
				Lu 71	Hf 72	Ta 73	W 74		Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	— 85	Em 86
Em 86	Mv 87	Ra 88	Ac 89		Th 90	Pa 91	Ur 92	— 93 — 94												

On constate dans le tableau ci-dessus la présence des 94 éléments connus actuellement ou présumés, répartis dans 20 familles ou colonnes, dont :

2 colonnes ou familles à électrons extérieurs *s*.......					Fam.	I, II
6	»	»	»	*p*.......	»	III-VIII
10	»	»	»	*d*.......	»	IX-XVIII
2	»	»	intérieurs *f*.......		»	XIX, XX

Les colonnes III-VIII sont les anciennes *Haupt-gruppen* Mendelejeff.
Les colonnes IX-XVIII sont les anciennes *Neben-gruppen* Mendelejeff.
Les colonnes XIX et XX sont nos nouvelles colonnes *f* (1916/24, 1942).

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouvelle méthode de précipitation basique appliquée à la séparation des éléments des terres rares.* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Paul Lebeau.

La séparation par précipitation, à l'aide d'une solution basique, d'éléments dont les débuts de précipitation s'effectuent pour des pH voisins, oblige à utiliser de grands volumes de liquide; ceci pour ne jamais dépasser, en un point quelconque de la solution, le pH limite qui produit la précipitation d'un seul des éléments présents.

La méthode préconisée par Jolibois [1] permet, grâce à un mélange très rapide des deux solutions (1/100 de seconde), de réduire le volume total du liquide, après précipitation, à une valeur minimum. Néanmoins, si, pour séparer des éléments, l'on envisage d'effectuer non plus une précipitation mais une

(1) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 1095.

série de précipitations successives, voire même une véritable précipitation fractionnée, les augmentations de volumes deviennent très gênantes. Le procédé, dont la description suit, permet d'éviter totalement ces augmentations de volume, tout en réalisant, dans une précipitation, un coefficient de séparation des éléments présents, supérieurs à celui des méthodes classiques.

Un courant d'air de débit constant passe, dans un échangeur parcouru à contre-courant, par une solution ammoniacale très diluée. L'air chargé d'une très faible quantité de gaz ammoniac par unité de volume circule ensuite, par barbotage divisé, dans la solution contenant les azotates des éléments à précipiter.

Les bulles de gaz très mobiles se déplacent rapidement, créant un violent brassage du liquide avec lequel elles ont une grande surface d'échange; ainsi, la très faible quantité de gaz ammoniac contenu dans chaque bulle est très rapidement diluée dans la solution.

La précipitation est réalisée très lentement, soit à froid, soit à chaud, *sans changement de volume*, ce qui est particulièrement précieux dans les opérations de fractionnement.

A égalité de concentration, dans la phase gazeuse, du gaz ammoniac, la solubilité de ce dernier décroît évidemment avec la température, mais décroît aussi, comme l'on pouvait s'y attendre, quand la concentration de la solution en ions rares augmente. D'autre part, il est possible d'admettre une quantité de gaz ammoniac donnant, en tous les points de la solution, un pH inférieur au pH de précipitation de l'élément le moins basique présent. Une élévation de température permet alors (dans le cas des éléments du groupe yttrique) de réaliser une précipitation partielle correspondant au maximum d'efficacité de la séparation.

Nous avons obtenu par cette méthode, avec la collaboration technique de Mlle Henri, les résultats suivants :

1° Un mélange erbium-yttrium à 20 % d'erbium ($\chi_{spec} = 38, 10^{-6}$ environ) donne, après une division en 10 fractions, un produit à plus de 99 % d'yttrium dans les fractions de queue.

2° Un traitement identique de fractions initialement très riches en gadolinium, permet d'en éliminer l'yttrium.

3° Dans les terres yttriques brutes à 3 à 4 % de néodyme, une division en 10 fractions repousse totalement le néodyme avec de l'yttrium dans les fractions de queue (c'est-à-dire les fractions les plus basiques). Après élimination du néodyme, l'yttrium par le même traitement est obtenu pratiquement pur.

Remarquons que les méthodes classiques de précipitation basique donnent dans les mêmes conditions, pour une durée de traitement analogue, des résultats très inférieurs. Entre autres le néodyme ne peut être éliminé d'aucune des

fractions traitées; il est seulement fortement concentré dans les dernières fractions précipitées.

La rapidité de la séparation par précipitation à l'aide de gaz ammoniac dilué dans l'air est encore notablement augmentée, si l'on emploie à la place de l'ion nitrique, l'ion perchlorique, qui, associé aux ions rares, joue le rôle d'un sel tampon et retarde la précipitation.

En résumé, la méthode de précipitation par le gaz ammoniac, très dilué dans l'air, apparaît particulièrement efficace pour la séparation des ions rares en groupes cérique et yttrique et aussi pour éliminer l'yttrium de son groupe. Il n'est pas douteux que cette méthode s'applique aussi efficacement à la préparation à l'état pur de certains éléments du groupe cérique dont les pH des seuils de précipitation sont notablement différents; de même il pourrait être intéressant d'envisager, par le même procédé, les séparations d'éléments d'autres groupes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Photooxydation de l'hétérocœrdianthrone.* Note de M. **Charles Dufraisse** et Mlle **Marie-Thérèse Mellier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Sous le nom d'hétérocœrdianthrone, $C^{28}H^{14}O^{2}$, H. Scholl, H. K. Meyer et W. Winkler ont décrit un composé heptacyclique (I), qui peut être considéré indifféremment comme une dibenzopérylènequinone ou un dibenzoylène-anthracène. C'est à ce dernier titre, en tant que dérivé de l'anthracène, cyclisé en péri, que nous en avons étudié la photooxydation.

L'hétérocœrdianthrone n'est autre qu'un mésodiphénylanthracène dont les phényles sont raccordés aux sommets 1 et 5 par deux carbonyles. Elle était donc prédisposée par cette particularité de constitution à donner le photooxyde anthracénique (II). Or Scholl et ses collaborateurs ont bien constaté que le corps était photooxydable, mais ils ont indiqué comme produit résultant le dihydroxyde (III). Il y avait là une anomalie à éclaircir.

I II III

Exposées à la lumière, les solutions sulfocarboniques d'hétérocœrdianthrone s'oxydent avec une extrême vitesse; leur magnifique teinte violette disparaît complètement, pour donner un liquide rigoureusement incolore, en un temps

qui n'excède pas 3 secondes en plein soleil. Cette vitesse est l'une des plus élevées que nous ayons eu à noter; elle avait échappé aux auteurs pour la raison que l'on verra plus loin. De la liqueur on retire le photooxyde normal (II), $C^{28}H^{14}O^{4}$, cristaux incolores, mais se teintant rapidement en violet à la lumière par régénération partielle du corps primitif; les traitements ont été effectués à la demi-obscurité. Chauffé, le photooxyde se dissocie à température relativement basse, 150°, en libérant de l'oxygène pur, avec un rendement de 95 %, et en laissant un résidu d'hétérocœrdianthrone pratiquement pure.

En somme la photooxydation et son inverse, la dissociation, se produisent normalement, conformément aux prévisions. Il n'y aurait donc pas eu lieu d'y insister sans le désaccord apparent avec les données de Scholl. Nous avons alors repris la technique de ce dernier, qui opérait en pyridine. Effectivement, si l'on insole pendant 6 heures une solution pyridinique d'hétérocœrdianthrone, en terminant par un chauffage avec du noir animal, on obtient un mélange contenant, outre le photooxyde (II), le corps dihydroxylé (III), $C^{28}H^{16}O^{4}$, décrit par Scholl, dont le travail était ainsi confirmé.

Il restait à rechercher ce qui déviait la réaction de cette façon-là. Le solvant était à incriminer en premier lieu. Il intervient certes en modérant un peu la vitesse de photooxydation, mais infiniment moins que ne le donnerait à supposer la longue insolation jugée nécessaire par Scholl. Ce qui trompe dans les essais en pyridine c'est que, contrairement aux essais en sulfure de carbone, les solutions n'arrivent jamais à décoloration complète; la teinte baisse d'abord rapidement à la lumière, puis se fixe à une intensité notable, laissant supposer que la réaction est lente. En fait l'insolation prolongée n'aboutit qu'à l'attaque progressive du photooxyde formé dans les premiers instants. Si, au lieu d'irradier pendant 6 heures, on arrête l'action de la lumière au bout de 3 minutes seulement, on n'obtient que du photooxyde et l'opération va comme en sulfure de carbone, sauf que la purification est plus laborieuse et donne un rendement moindre en cristaux incolores, par suite de la difficulté d'éliminer les dernières traces du produit initial fortement coloré. Le peroxyde résultant se comporte comme celui qui provient du sulfure de carbone et, entre autres, se dissocie, lui aussi, avec un rendement de 95 % en oxygène pur. Le simple changement de solvant n'est donc pas la seule cause de l'hydrogénation. Nous avons alors vérifié que le traitement au noir animal transformait partiellement le photooxyde en corps dihydroxylé, qui pourrait provenir aussi en partie de l'excessive prolongation de l'action de la lumière.

Le fait le plus saillant qui ressort de cette étude est une limitation de la photooxydation quand on opère en pyridine. Ce phénomène de limitation avait été déjà entrevu dans plusieurs de nos expériences antérieures, sur d'autres corps, mais jamais il n'avait eu ce caractère de netteté. Il se rattache à la question, toujours en suspens, de l'existence d'un équilibre de photooxydation, dont il a été discuté antérieurement au sujet du rubrène. Si un tel

équilibre existe, il résulte d'une compensation entre les deux réactions inverses : photooxydation et photodissociation de l'oxyde. Il importait donc de voir si la deuxième réaction avait lieu dans les mêmes conditions que la première. C'est ce que nous avons constaté : les solutions incolores de photooxyde en pyridine prennent rapidement, à la lumière, une teinte rose identique à celle que l'on obtient par la voie opposée de la décoloration des solutions d'hétérocœrdianthrone. Comme contrôle, on a photooxydé le colorant, mais, cette fois-ci, dans l'oxygène à la pression ordinaire. La décoloration va plus loin qu'en présence d'air, sans devenir complète comme en solution sulfocarbonique; de plus, par retour à l'air, la lumière remonte la teinte de la liqueur au même point que dans le témoin irradié uniquement dans l'air. Il se manifeste par là une pression limite d'oxygène, dont la valeur correspondant au seuil de coloration est supérieure à une atmosphère. On voit reparaître ainsi la notion de tension de photodissociation, qui avait été soulevée jadis par des expériences analogues sur le rubrène, à ceci près que la tension limite de l'oxygène pour le seuil de coloration était beaucoup plus basse (de l'ordre de 5^{mm} de mercure). Toutefois la difficulté rencontrée alors pour conclure à un état d'équilibre vrai se retrouve encore ici, et elle est même plus formelle, puisque l'on constate effectivement une réaction de réduction du photooxyde : l'état apparent d'équilibre n'est-il pas en réalité un état de régime entre la photooxydation du colorant et sa régénération par réduction photochimique de l'oxyde aux dépens du solvant? Auquel cas, à la place de l'équilibre, ce serait une consommation continue d'oxygène qui s'établirait.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Polémoniacées. Développement de l'embryon chez le* Gilia tricolor *Benth.* Note [1] de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Un assez grand nombre de formes, de construction aberrante, que j'ai rencontrées, dernièrement, dans l'étude du *Polemonium cæruleum* [2], m'ont vivement incité à rechercher, dans la famille des Polémoniacées, d'autres exemples me permettant de déterminer jusqu'à quel point mes premiers résultats pouvaient être maintenus. Le *Gilia tricolor*, avec ses types de clivage bien distincts, apporte, à cet égard, d'utiles indications.

Au proembryon bicellulaire (*fig.* 1) succèdent, par bipartitions, deux sortes de tétrades, l'une en T avec paroi supérieure plus ou moins oblique (*fig.* 2), l'autre linéaire (*fig.* 3). Dans le cas de la tétrade en T, qui semble le plus général, les deux cellules supérieures juxtaposées donnent quatre quadrants en tétraèdre (*fig.* 7), dont l'un, au sommet, repré-

(1) Séance du 19 octobre 1942.
(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1338; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 86, 1939, p. 289.

sente une épiphyse, les autres la partie cotylée *sensu stricto*. Les figures 4 à 7, 12, 13, 15, 16, 17 permettent d'assister à la série des divisions qui conduisent à la différenciation définitive de ces parties. Dans le cas de la tétrade linéaire, la cellule terminale *cc* produit l'épiphyse, la cellule subterminale *cd*, sœur de la précédente, la partie cotylée *s. s.*; les figures 8, 10, 11, 14, 18, qui reproduisent des proembryons dérivant, d'une manière incontestable, de la tétrade linéaire, montrent comment procède, dans ce deuxième cas, la segmentation. Les figures 7 et 8 représentent les deux types de proembryon octocellulaire.

Les blastomères *m* et *ci* se comportent de la même manière dans les deux catégories de tétrades. Par cloisons méridiennes cruciales, *m* donne quatre cellules circumaxiales (*fig.* 7 à 14), qui, se segmentant encore verticalement (*fig.* 15 à 17), puis transversalement

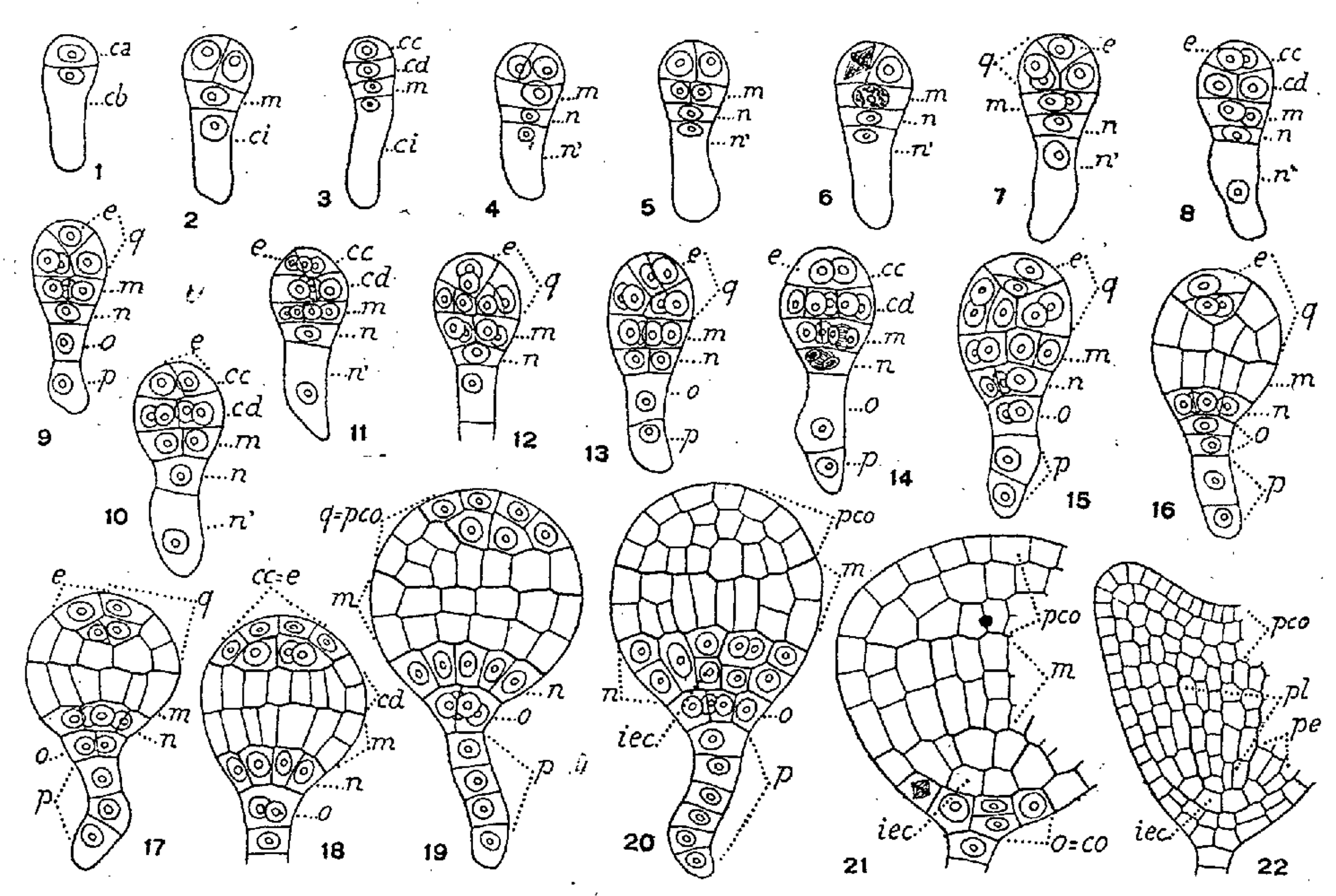


Fig. 1 à 22. — *Gilia tricolor* Benth. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule moyenne de la tétrade produisant la moitié supérieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* fournissant la moitié inférieure de l'hypocotyle; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *o*, cellule-fille supérieure de *n'* engendrant le primordium de la coiffe; *p*, cellule-fille inférieure de *n'* donnant le suspenseur; *e*, épiphyse; *q*, quadrants et partie cotylée *sensu lato*; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou épiphyse; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou partie cotylée *sensu stricto*; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pco*, partie cotylée *s. l.*; *co*, coiffe; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. = 280; 140 pour 22.

(*fig.* 18 à 21), produisent la moitié supérieure de l'hypocotyle. Le blastomère *ci* se segmente transversalement (*fig.* 4 à 8). Sa cellule-fille supérieure, *n*, prend des cloisons verticales cruciales (*fig.* 13) pour donner quatre éléments groupés autour de l'axe (*fig.* 15, 17); ceux-ci, à la suite de nouvelles cloisons verticales, engendrent, vers l'extérieur, des éléments de dermatogène, à l'intérieur, des cellules aux dépens desquelles, par segmentations transversales, se différencient, vers le bas, les initiales de l'écorce de la racine, vers le haut, les premiers éléments de plérome (*fig.* 20). La cellule-fille inférieure de *ci*, *n'* se partage, par division transversale, en deux cellules superposées *o* et *p* (*fig.* 13, 14). L'élément *p*, par de nouvelles divisions transversales, produit un suspenseur filamenteux peu développé (*fig.* 15 à 20); l'élément *o*, par cloisons verticales méridiennes,

donne deux (*fig.* 15, 17, 18), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 19), qui peuvent se segmenter transversalement pour engendrer le primordium de la coiffe, mais qui peuvent aussi, au préalable, prendre de nouvelles cloisons verticales (*fig.* 20). Quelquefois l'élément *o* se divise d'abord transversalement (*fig.* 16); dans ce cas, c'est sa cellule-fille supérieure qui remplace cet élément dans ses fonctions.

Ces observations, venant après celles dont le *Polemonium cæruleum* a été l'objet, démontrent que les caractères embryogéniques des Polémoniacées comportent de profondes variations. Celles-ci intéresseraient surtout le mode de construction de la tétrade, l'origine de la cellule épiphysaire, la genèse et les processus de différenciation des initiales de la racine, aux dépens de tel ou tel blastomère primordial. Ces variations seraient à la fois inter- et intraspécifiques.

GÉNÉTIQUE. — *Sur quelques hybrides expérimentaux interspécifiques et intergénériques chez les Crucifères.* Note de M. **Robert Chopinet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Depuis 1938, à la Villa Thuret (Antibes), l'application de colchicine a fourni des mutants polyploïdes appartenant à des familles très diverses. Parmi celles-ci, les Crucifères ont fourni dans les genres *Raphanus* L., *Brassica* L., *Sinapis* L., des races autotétraploïdes suivies depuis plusieurs générations. Ces mutants présentent, par rapport aux espèces dont ils sont issus, un certain nombre de modifications morphologiques et physiologiques propres à la polyploïdie et déjà signalés par ailleurs (1).

Si certains de ces caractères nouveaux sont du point de vue agricole ou horticole indifférents ou même avantageux (fleurs plus grandes), ces autotétraploïdes présentent une réduction de leur fertilité pouvant aller du tiers jusqu'aux deux tiers. Cette stérilité partielle, due en partie à la présence dans les cellules sexuelles d'hétérovalents (unitritétravalents) lors de la réduction chromatique, est une difficulté lorsqu'il s'agit de la propagation de plantes cultivées pour leurs graines, Colza, Navette etc. Pour ces dernières, l'augmentation du volume des graines ne semble pas compenser exactement en poids la réduction de leur nombre et les rendements des lignées autotétraploïdes, étudiées en particulier chez le Colza, se sont montrés, jusqu'ici, légèrement inférieurs aux rendements des lignées diploïdes.

Afin d'éliminer ces anomalies caryologiques, nous avons entrepris des croisements entre différentes espèces et genres afin d'obtenir directement, à partir de deux géniteurs autotétraploïdes, des hybrides tétraploïdes stables à méïose régulière. Dès 1941, le matériel déjà obtenu précédemment nous a

(1) *Comptes rendus*, 209, 1939, pp. 238-240.

permis de réaliser des hybrides interspécifiques et intergénériques chez quelques genres de Crucifères.

Une combinaison interspécifique a pu être réalisée entre Colza et Chou de Bruxelles tétraploïdes, *Brassica Napus* L. ($n=38$) × *Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* D. C. ($n=18$); un hybride unique à $2n=56$ est en culture.

Trois croisements interspécifiques distincts ont donné des graines, deux *Raphanobrassica* et un *Raphanosinapis*. Des deux premiers, sont issues, d'une part, entre Radis et Choux potagers tétraploïdes (Chou de Milan et Chou de Bruxelles), *Raphanus sativus* L. ($n=18$) × *Brassica oleracea* L. ($n=18$), une soixantaine de plantes décrites par ailleurs (2); d'autre part, entre Radis tétraploïde et Colza diploïde : *Raphanus sativus* L. ($n=18$) × *Brassica Napus* L. ($n=19$), sept plantes sont actuellement à l'étude. Quant au *Raphanosinapis*, issu du croisement d'un Radis tétraploïde et d'une Sanve diploïde, *Raphanus sativus* L. ($n=18$) × *Sinapis arvensis* ($n=9$), nous avons obtenu quatre hybrides à $2n=27$.

Ces hybrides ont été étudiés au point de vue caryologique; leur nombre somatique de chromosomes a été déterminé sur des jeunes méristènes radiculaires après fixation au Navachine et coloration à l'hématoxyline de Regaud (3). Dans chacun d'eux, les nombres chromosomiques somatiques correspondent à la somme des nombres haploïdes des espèces parentes. Chez les géniteurs, les chromosomes sont allongés, en forme de petits bâtonnets, caractéristiques que nous retrouvons semblables chez les hybrides.

Morphologiquement, outre un phénomène d'hétérosis très marqué, ces hybrides intergénériques se montrent intermédiaires entre leurs parents. Les *Raphanobrassica* ont les feuilles grandes, incisées-lobées, rappelant celles du Radis par leur forme, mais glabres et parsemées seulement de quelques poils, rappelant ainsi la texture du Chou. Les *Raphanosinapis* sont également proches des Radis par leur port divariqué, mais leurs feuilles sont velues-hispides, comme chez les deux parents.

Si les hybrides *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. sont des combinaisons génétiques déjà réalisées (Karpechenko, 1927), leur mode d'obtention par croisement entre autotétraploïdes est différent. Les *Raphanus sativus* L. × *Brassica Napus* L. et *Raphanosinapis* sont, à notre connaissance, des hybrides nouveaux.

Ces croisements intergénériques entre autotétraploïdes permettent d'espérer l'obtention d'hybrides à méiose correspondant à des conjugaisons du type autosyndétique (*Iris autosyndetica*) (4). En effet les génomes des deux parents sont suffisamment éloignés pour n'avoir aucune affinité, et, par suite, aucune

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 1049.

(3) M. Simonet, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 16, 1934, pp. 229-383.

(4) M. Simonet, *Bull. Biol.*, 69, 1935, pp. 172-212.

combinaison possible entre eux. Par ce fait de tels hybrides, chez lesquels les stocks chromosomiques parentaux sont de contributions diploïdes différentes, auront une méïose autosynthétique, c'est-à-dire que leur descendance se montrera fertile et stable.

Enfin nous avons obtenu, avec les Crucifères, dans le cours de l'année, toujours après traitement à la colchicine, quelques nouveaux cas de tétraploïdie. La recherche des mutants tétraploïdes fut faite à l'examen microscopique du pollen par la méthode du carmin acétique, considérant que les graines du pollen des mutants tétraploïdes sont, en volume, doubles de celles des plantes normales diploïdes. Sur 100 plantules traitées, nous avons obtenu, parmi les espèces suivantes, 20 mutants tétraploïdes de *Brassica chinenis* L. (Chou de Chine, Pe-Tsaï amélioré); 45 de *Brassica Rapa* L. var. *silvestris* (Lam.) Purchas et Ley (Navette d'été); 42 de *Sinapis alba* L. (Moutarde blanche) et 30 de *Sinapis alba* L. forme à graines brunes; 30 de *Sinapis arvensis* L. (Sanve) et 26 de *Rapistrum rugosum* L.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'aberration sphérique de l'œil.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

Les données expérimentales que l'on possède sur l'aberration de sphéricité de l'œil humain révèlent d'importantes variations individuelles, surtout pour les grandes pupilles : en effet, si les meilleurs yeux ont une cornée qui s'écarte peu de la forme sphérique à l'intérieur d'une *zone optique* de 4^{mm} de diamètre, il se manifeste au delà un aplatissement irrégulier. Aussi nous limiterons-nous, pour le calcul de l'aberration, à une pupille d'entrée de 4^{mm}; nous supposerons en outre que l'œil est un système centré, formé de dioptres sphériques; que le cristallin possède un indice de réfraction unique (indice total), et que les valeurs numériques de l'œil moyen sont les suivantes, en millimètres :

	Rayon de courbure.		Abscisse.
Face antérieure de la cornée	7,8		0
« postérieure «	6,5		0,55
« antérieure du cristallin	10,2		3,6
« postérieure «	6,0		7,6
Indice (raie D) de la cornée		1,3771	
« de l'humeur aqueuse		1,3374	
« du cristallin		1,42	
« du corps vitré		1,336	

Dans ces conditions, le calcul trigonométrique de la marche des rayons provenant d'un point-objet à l'infini sur l'axe conduit à une forte aberration sphérique, même pour une pupille de 4^{mm} de diamètre : l'abscisse du foyer image des rayons centraux étant $24^{mm},20$, celle du foyer des rayons marginaux est $23^{mm},65$, soit un écart de 1,5 dioptrie environ.

Supposons que le point-objet émette une lumière monochromatique de longueur d'onde λ et que la rétine se trouve à la distance δx en avant du foyer des rayons centraux pour cette longueur d'onde. Au point M où la rétine coupe l'axe, la différence de phase entre le rayon confondu avec l'axe et un rayon faisant avec lui l'angle α peut se mettre sous la forme ([1])

$$\psi = -\frac{\pi n}{\lambda}(\delta x \sin^2\alpha - 33{,}9 \sin^4\alpha) = -\frac{\pi n}{\lambda}(\delta x u - 33{,}9 u^2),$$

n désignant l'indice du corps vitré, et u la quantité $\sin^2\alpha$. Pour déterminer la meilleure mise au point, il faudrait en principe connaître la répartition de la lumière dans la figure de diffraction; mais l'intégration numérique des fonctions de Bessel serait ici très laborieuse à cause des grandes valeurs de ψ. Aussi avons-nous simplement calculé l'éclairement E au point M, centre de la tache de diffraction, et admis que la mise au point la plus favorable correspondait au maximum de E. Cet éclairement est proportionnel à $A^2 + B^2$, les quantités A et B désignant les intégrales $\int \cos\psi\, ds$ et $\int \sin\psi\, ds$ étendues à la portion de l'onde intérieure à la pupille. L'élément de surface ds étant proportionnel à du, nous pouvons écrire, à un facteur près,

$$A = \int \cos\psi\, du, \qquad B = \int \sin\psi\, du,$$

les limites des intégrales étant zéro et $u_1 = 8{,}55 \cdot 10^{-3}$, valeur qui correspond aux rayons marginaux extrêmes. D'autre part, nous pouvons écrire, à une constante près,

$$\psi = \frac{\pi v^2}{2}, \qquad v = \sqrt{\frac{67{,}8n}{\lambda}}\left(u - \frac{\delta x}{67{,}8}\right),$$

et par conséquent

$$E = A^2 + B^2 = \frac{\lambda}{67{,}8n}(\xi^2 + \eta^2),$$

ξ et η désignant les intégrales de Fresnel $\int \cos \pi v^2/2\, dv$ et $\int \sin \pi v^2/2\, dv$, prises entre les limites $v = -\sqrt{67{,}8n/\lambda}\; \delta x/67{,}8$, et $v = \sqrt{67{,}8n/\lambda}\,(u_1 - \delta x/67{,}8)$. On pourrait croire que, par symétrie, la meilleure mise au point correspond à l'égalité de ces limites, en valeur absolue, soit $x = 0{,}29^{\text{mm}}$. L'éclairement E est effectivement stationnaire pour cette valeur, mais ce n'est un maximum que si $\lambda > 0{,}61\,\mu$. En réalité, il y a pour chaque longueur d'onde deux valeurs de δx symétriques par rapport à $0^{\text{mm}},29$ et correspondant à des maxima égaux de E. Voici ces valeurs :

([1]) Cette expression a été obtenue par la méthode développée par M. Chrétien dans son traité, *Calcul des combinaisons optiques*, Paris, en négligeant les termes à partir de $\sin^6\alpha$. On suppose δx et λ évalués en millimètres.

λ (en μ)......	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,58	0,61	0,65	0,69	0,74
δx (en mm)...	0,215	0,210	0,205	0,200	0,195	0,190	0,185	0,180	0,170	0,160
« ...	0,365	0,370	0,375	0,380	0,385	0,390	0,395	0,400	0,410	0,420

En lumière blanche, la seconde région de mise au point est plus avantageuse, parce qu'elle atténue un peu l'aberration chromatique : quand λ augmente, l'abscisse du foyer des rayons centraux croît, ainsi que le décalage δx du plan de meilleure mise au point par rapport à ce foyer, ces deux effets agissant en sens contraire.

En général, l'aberration sphérique observée est moindre que celle que nous venons de calculer, à cause de l'aplatissement des faces du cristallin et de sa structure feuilletée. Mais il doit encore se produire une variation de δx avec λ, et ce phénomène expliquerait peut-être la correction partielle de l'aberration chromatique que l'on observe sur certains yeux dans l'extrémité rouge du spectre.

TOXICOLOGIE. — *Disparition progressive du taux de certaines substances réductrices existant dans la peau du Cobaye au cours de la tuberculose expérimentale.* Note de M. **Georges Rullier**, présentée par M. Richard Fosse.

Dans nos deux dernières Communications, nous avons montré le rôle de certaines substances réductrices siégeant dans les capsules surrénales, du point de vue de l'inactivation *in vitro* et sous vide du pouvoir léthal de la tuberculine. Or les mêmes substances (acide ascorbique, glutathion) se rencontrent dans le derme et en particulier dans celui du Cobaye. Il nous a donc paru digne d'intérêt de voir ce que devenaient ces substances au cours de l'infection tuberculeuse expérimentale.

Afin d'apprécier les variations susceptibles de se produire, nous nous sommes adressé au test de Rotter, qui consiste à injecter dans le derme une solution de dichloro-2.6 indophénol à 2^{mg} pour $4^{cm^3},9$ d'eau distillée, à raison de 1/40 de centimètre cube. Certains auteurs, Codvelle et Simonnet, Uzan etc., utilisent des doses différentes; les premiers 1/50 de centimètre cube d'une solution à 4^{mg} pour 5^{cm^3}, le second $3^{mg},4$ pour 5^{cm^3}, même dose à l'injection.

Nous avons préféré nous servir de la dose que nous indiquons, car elle nous permettait d'injecter une quantité facile à apprécier avec la seringue de précision que nous possédons.

La solution du réactif est bleue, mais elle vire au rose en présence de corps réducteurs, et de ce fait, au niveau de la peau, elle se décolore plus ou moins rapidement suivant la quantité de substances réductrices.

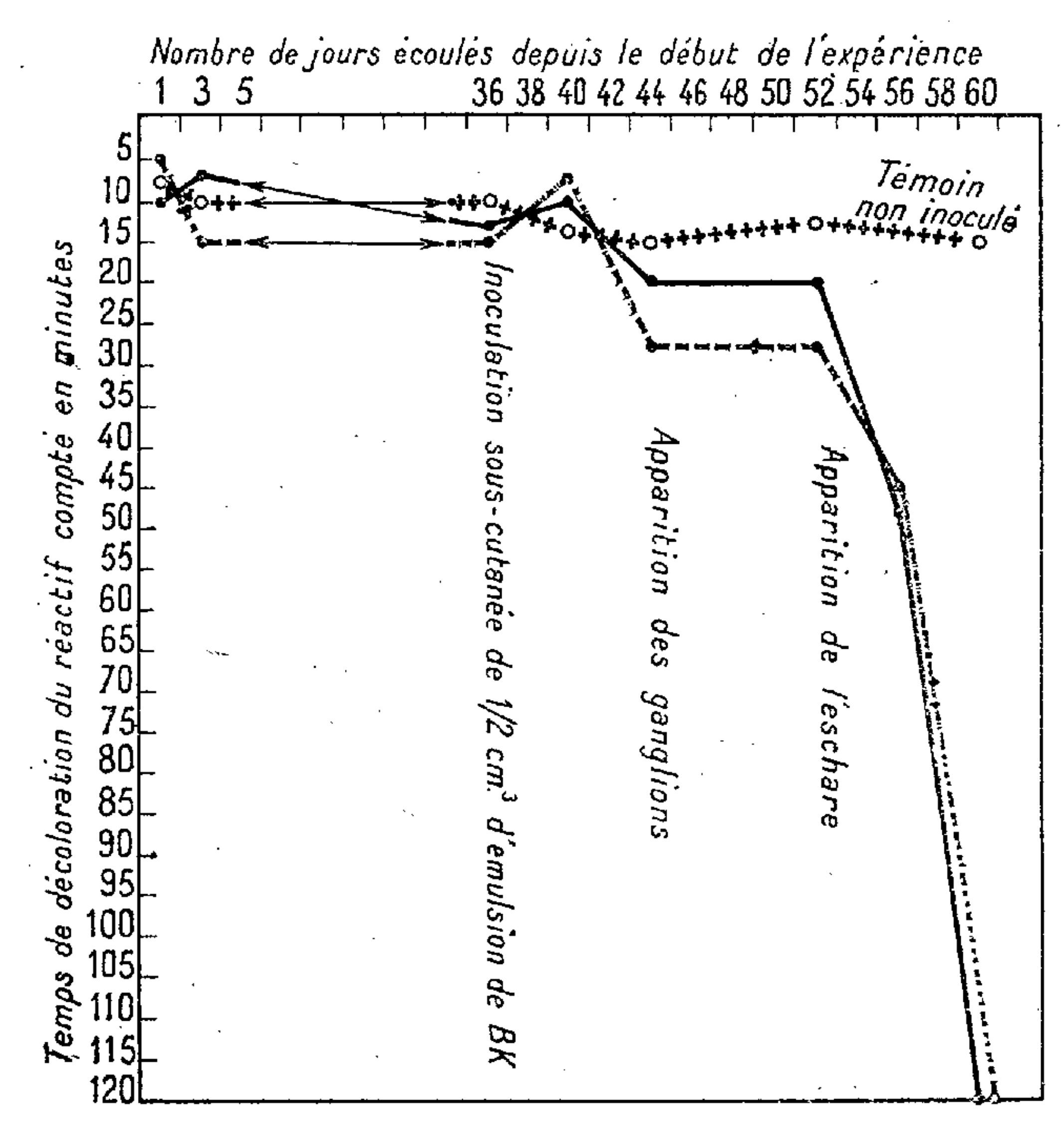
Les recherches d'Uzan, de Rotter ont montré qu'une décoloration de la goutte injectée qui se fait en 5 à 16 minutes indique un taux normal de substances réductrices. Par contre, toute durée de décoloration dépassant 10 à 15 minutes est l'indice d'une carence des corps réducteurs.

C'est intentionnellement que nous disons corps réducteurs, car on a surtout objecté à la méthode de Rotter de ne pas tenir compte d'autres substances que le glutathion et l'acide ascorbique, et de négliger d'autres corps réducteurs tels que la cystine, la cystéine, le glucose, l'acide urique etc.

A part le glutathion, tous ces corps ne se trouvent que dans la couche de Malpighi; en injectant plus superficiellement on évite ainsi cette cause d'erreur.

Notre expérience a été conduite comme il suit :

1° On détermine la durée du temps de décoloration de la solution de dichlorophénol après inoculation très superficielle dans la peau, d'abord chez le Cobaye sain. Cette durée, comme on le voit dans le graphique ci-dessous, varie entre 5, 10 et 15 minutes suivant les animaux en expérience. Le taux des



En abscisses, nombre de jours qu'a duré l'expérience. — *En ordonnées*, temps de décoloration compté en minutes. — *En traits pleins et pointillés*, animaux inoculés. — *La ligne de croix* concerne le témoin non inoculé.

substances réductrices de la peau de ces animaux sains semble normale. Ces essais ont duré 36 jours.

2° Au bout de ce laps de temps, on inocule aux deux mêmes animaux, sous la peau du flanc gauche, $0^{cm^3},5$ d'une émulsion de B. T. (race bovine de Vallée, J. P.) de 14 jours. Le flanc droit est toujours réservé au test de Rotter.

Dans le graphique ci-dessus, le nombre des minutes écoulées jusqu'à complète

décoloration est inscrit en ordonnées. Le nombre de jours indiquant la durée de l'expérience est inscrit en abscisses.

Une première remarque s'impose, c'est la concordance des courbes chez les deux animaux en expérience. On voit également de suite qu'au fur et à mesure que l'infection tuberculeuse gagne du terrain, les temps de décoloration augmentent dans de fortes proportions, montrant d'une manière certaine la diminution graduelle des substances réductrices. Par contre, chez le témoin, la courbe reste sensiblement droite, indiquant que le taux des substances réductrices n'a que peu varié pendant toute la durée de l'expérience.

Nous croyons être le premier à signaler ce fait qui paraît susceptible d'expliquer la différence d'action de la tuberculine sur les animaux sains et les tuberculeux. Peu ou pas toxique pour les premiers, elle est au contraire un poison violent pour les seconds. Dans le cas où les corps réducteurs se trouvent dans la peau à un taux normal, ces corps réducteurs semblent avoir une action inactivante vis-à-vis de la tuberculine, comme nous l'avons montré dans nos précédentes Communications. Par contre, ces substances disparaissent comme le prouve notre expérience au cours de l'infection tuberculeuse expérimentale, la tuberculine injectée conserve toute son action, et c'est justement au moment où ces substances disparaissent en totalité que la tuberculine possède son maximum d'action.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production expérimentale de callosités chez la Grenouille rousse* (Rana temporaria), *dans les semaines qui suivent la métamorphose*. Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours des séries expérimentales que j'ai consacrées à l'étude de la différenciation du sexe et du tractus génital chez les Batraciens anoures soumis à l'action des hormones sexuelles, j'ai été amené, en particulier, à injecter des solutions huileuses de propionate de testostérone, d'abord à des têtards, puis à des jeunes grenouilles de l'espèce *Rana temporaria*. Ceci m'a permis de suivre l'action de l'hormone mâle, à la fois sur la gonade et sur les caractères sexuels somatiques. Je retiendrai ici un des résultats obtenus : la production de callosités, dans le cas d'animaux traités depuis l'éclosion jusqu'au septième mois de la vie.

Les expériences ont porté sur 27 animaux, qui ont survécu assez longtemps pour que les résultats soient patents. Chaque animal a reçu, pendant la durée du stade têtard, trois injections de propionate de testostérone en solution huileuse, titrée à 10^{mg} pour 1^{cm^3}. Chaque têtard a ainsi reçu avant la métamorphose la valeur de $0^{mg},10$ environ.

Après la métamorphose, qui s'est déroulée du 50ᵉ au 60ᵉ jour, les jeunes grenouilles ont reçu 4 nouvelles injections : au 53ᵉ jour (juste à la fin de la métamorphose), au 79ᵉ jour, au 104ᵉ jour, au 166ᵉ jour. L'injection est faite,

sous légère anesthésie, dans le sac lymphatique latéral. Chaque animal a reçu la valeur de $0^{mg},7$ d'hormone mâle.

A la métamorphose, ainsi que je l'ai décrit antérieurement, on constate que tous les animaux témoins traités par l'hormone mâle ont des testicules. Aucune indication morphologique ne décèle la callosité. Celle-ci apparaît aux environs du 100e jour et se précise par la suite.

Les plus vieux animaux opérés ont été sacrifiés à 196 jours. Ce sont eux qui présentent le développement le plus net. Une étude comparative du pouce de témoins mâles et femelles de même âge (à ce stade il n'existe d'ailleurs aucune différence entre la structure du pouce dans les deux sexes) m'a permis de préciser la nature du phénomène.

Chez les animaux traités, le pouce est relativement épais, et l'on assiste au développement d'une callosité extrêmement nette, avec derme et épiderme épaissis, ce dernier godronné, tandis que des glandes hypertrophiées apparaissent. Chez les témoins, les ébauches correspondantes restent petites et la callosité est insoupçonnable. La peau est normale, lisse, avec tout au plus un épiderme plus épais dans la région correspondant à celle de la callosité. Les glandes sont des acini aplatis.

Le tableau suivant résume quelques données numériques exprimées en microns et établies sur des moyennes.

	Témoins.	Animaux traités.
Dimensions principales du pouce.........	500 × 550	1050 × 950
Hauteur de l'épiderme..................	30	40
Épaisseur du derme....................	30	230 à 290
Dimensions des glandes.................	25 × 40	175 × 95
Hauteur de l'épithélium glandulaire.....	12 à 15	25 à 30

En somme, chez les animaux traités, on provoque le développement d'une *microcallosité*, qui, aux dimensions absolues près, se présente comme celle d'un mâle normal, telle qu'on l'observe en août-septembre.

Cette expérience appelle quelques remarques d'un caractère général. Elle montre d'abord que, dès la métamorphose, existe chez la Grenouille un territoire prospectif, invisible pendant trois ans, mais que l'on peut évoquer par l'administration d'hormone mâle. Ce territoire ne forme jamais de callosité chez la femelle. Chez le mâle normal, la callosité ne se réalise qu'au moment de la puberté entre trois et quatre ans. L'activation obtenue est donc remarquable. Ce phénomène rentre dans le cadre des faits d'intersexualité somatique. On peut le rapprocher de ce qui a été obtenu avec la crête du poussin.

En second lieu, l'action de l'hormone est homologue : l'hormone mâle évoque uniquement une structure mâle (l'hormone femelle administrée dans des conditions analogues reste sans action). Enfin l'expérience met en évidence le fait que les différents territoires organiques soumis au contrôle de l'hormone mâle répondent à celle-ci suivant une réceptivité différentielle, à la fois dans

le temps et quant aux doses. La gonade est immédiatement infléchie dans le sens mâle d'une manière qui, je le montrerai, est définitive. L'action est réalisée vers le 50ᵉ jour. C'est seulement vers le 100ᵉ jour et pour de très fortes doses que la callosité se manifeste.

BACTÉRIOLOGIE. — *Nouvelles expériences sur l'action des antiseptiques sur les Levures*. Note [1] de M. **Jean-A. Reboul**, présentée par M. Aimé Cotton.

Des expériences entreprises sur l'action des rayons X sur les Levures et reportées ici-même, ont montré l'importance du facteur débit (ou intensité du faisceau) sur le pourcentage de survivants obtenu pour une dose donnée. Les expériences avec un générateur X à gros débit ayant été retardées, nous avons pensé que l'agent physique rayons X pouvait être remplacé par un agent physique ou chimique quelconque. Nous avons donc étudié l'action des antiseptiques sur les Levures, et nos expériences confirment entièrement l'idée déjà émise par Holweck de l'analogie entre les rayons X et les autres agents (antiseptiques).

Le point précis que nous voulions démontrer est le suivant : lors des innombrables expériences réalisées sur l'action des antiseptiques sur les Bactéries (ou les Levures), on a toujours obtenu des courbes d'action exponentielles (loi de Phelps etc.); ces courbes sont obtenues pour une concentration donnée en portant en ordonnées le nombre de bactéries survivantes et en abscisses la durée de contact entre antiseptiques et microbes. On a conclu de ces résultats que la destruction des bactéries se comporte comme une loi de vitesse de réaction chimique où les bactéries constitueraient l'un des réactifs et l'antiseptique l'autre. Mes expériences sur l'action des rayons X m'ont conduit à émettre l'hypothèse qu'une loi exponentielle traduit simplement le fait que l'on fait agir une dose *massive* sur un matériel biologique dès lors incapable de réaction contre l'agent traumatisant. Une dose agissante plus faible permet au contraire à l'individu de se défendre, et la courbe d'action sera non plus exponentielle, mais « sigmoïde », traduisant une sorte d'équilibre entre agent physique ou chimique et bactéries.

Mes expériences confirment pleinement cette hypothèse. L'antiseptique utilisé est le sulfate de cuivre, dont une solution mère à 10 % est préparée. Le matériel biologique utilisé est la levure de saccharomyces ellipsoïdeus dont je me suis servi pour mes expériences sur les rayons X; l'antiseptique, convenablement dilué, est mis en contact avec une culture de levures (en eau de levure) datant de 24 heures. De temps en temps, un prélèvement est fait, dilué, et sert à ensemencer un bouillon gélosé coulé ensuite en boîte de Petri où l'on comptera les colonies après un séjour de 24 heures à l'étuve.

---

[1] Séance du 9 novembre 1942.

Les expériences comportent une moins bonne précision que celles effectuées sur les rayons X, en raison de l'impossibilité de comparer deux plages de la même boîte de Petri. Elles sont cependant snffisamment démonstratives; pour des solutions de sulfate à 1/300 et à 1/1600, on obtient des courbes exponentielles. Mais lorsque l'on atteint des dilutions de l'ordre du 1/16000 ou davantage, la courbe de survivance prend nettement l'allure sigmoïde à asymptote horizontale assez rapprochée de l'axe des abscisses. Pour des dilutions de l'ordre de 1/80000, on obtient des courbes à asymptote située vers 30 à 40 % à peu près comme dans le cas des rayons X à faible débit; il faut faire agir l'antiseptique pendant des temps de l'ordre de 80 à 100 minutes pour obtenir cette asymptote.

Il semble hors de doute que ces faits traduisent l'existence d'une réaction de défense des Levures contre l'antiseptique. Les expériences suivantes démontrent même qu'au bout d'un certain temps les caractères de défense se transmettent aux descendants; on prélève une goutte de culture soumise à l'action d'antiseptique faible au bout du temps nécessaire à l'établissement de l'équilibre; on ensemence en eau de levure; 24 heures après, sur cette nouvelle culture, on recommence l'expérience. Au bout d'un certain nombre de fois, on constate que l'action de l'antiseptique devient très faible ou nulle; les Levures se sont accoutumées à l'antiseptique.

Ce fait était certes connu depuis longtemps; mais nos expériences visent à préciser son mécanisme. En introduisant les notions théoriques dont nous avons déjà parlé à propos du problème de l'action biologique des rayons X, on peut construire des courbes de variation de sensibilité en fonction de la dose et en déduire le processus à suivre pour accoutumer des organismes quelconques à l'action d'un agent physique ou chimique quelconque.

CHIMIE THÉRAPEUTIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse de substances à très haute activité œstrogène.* Note (¹) de M. **Charles Mentzer** et Mlle **Geneviève Urbain**, présentée par M. Marcel Delépine.

Alors qu'il existe un très grand nombre de substances capables de provoquer l'œstrus chez la rate impubère à des doses voisines du milligramme ou supérieures, seuls des corps ayant une configuration bien déterminée, proche de celle des hormones ovariennes naturelles agissent, comme l'œstradiol, à la dose d'une fraction de γ. Partant du fait que, dans ce groupe, le 4.4'.α.β-diéthylstilbène (I) (stilbœstrol de Dodds, Golberg, Lawson et Robinson) (²) possède la plus grande activité, nous nous sommes demandé dans quelle mesure de légères modifications apportées à la configuration de sa molécule

(¹) Séance du 23 novembre 1942.

(²) *Nature*, London, 141, 1938, pp. 247-248.

allaient influencer son activité physiologique. Pour répondre à cette question nous avons projeté la synthèse des substances (II) et (III), intermédiaires entre le stilbœstrol (I) et l'œstradiol (IV).

(I) (II) (III)

(IV) (V)

(VI) + (VII) $\xrightarrow{+NaNH^2}$ (VIII)

(IX) $\xrightarrow{POCl^3}$ (X)

Ce travail n'était pas encore terminé quand, il y a quelques jours, nous avons eu connaissance d'un Mémoire de W. Salzer ([3]) concernant la synthèse du 1-méthyl-2.*p*-oxyphényl-3.4-dihydro-6-hydroxynaphtalène (V), corps qui, selon l'auteur allemand, est œstrogène à la dose infime de 0,3 à 0,5 γ, et que nous venons nous-mêmes d'obtenir par une méthode différente, dont la description fait l'objet de la présente Communication. La synthèse nouvelle,

([3]) *Chem. Zentralb.*, II, 1942, p. 2150.

que nous avons imaginée dans ce but, est basée sur le fait, aujourd'hui classique (Bodroux, Haller, Mme Ramart, Darzens), que le cyanure de benzyle possède un groupement $-CH^2$ actif, dont l'un ou les deux hydrogènes peuvent être remplacés facilement au moyen d'amidure de sodium par des groupements alcoyles. Cette réaction, que M. S. Newman ([4]) a tout récemment utilisée pour préparer des carbures cancérigènes, n'a pas encore été appliquée, à notre connaissance, aux homologues méthoxylés du cyanure de benzyle; nous avons donc tout d'abord essayé de la généraliser au nitrile-*p*-méthoxyphénylacétique (VI), qui, traité par l'amidure de sodium, puis par le bromure d'éthyle, nous a donné, avec un excellent rendement, le nitrile-α.*p*-méthoxyphénylbutyrique dont nous avons également préparé l'amide et l'acide. En faisant de même agir sur (VI) le bromure de *m*-méthoxyphényl-éthyle (VII), nous avons préparé le nitrile-α.*p*-méthoxyphényl-γ.*m*-méthoxyphényl-butyrique (VIII) qui, après hydrolyse en acide (IX) et cyclisation, a donné naissance à la tétralone (X), déjà obtenue précédemment par Dodds, Golberg, Lawson et Robinson ([5]) par l'emploi d'une méthode plus longue.

L'action d'un excès d'iodure de méthylmagnésium sur (X) nous a fourni un corps qui, après déméthoxylation, s'est révélé identique à (V). Les substances (II) et (III), que nous sommes en train de préparer de façon analogue, feront l'objet d'une prochaine Communication.

Les corps nouveaux obtenus, dont la préparation ne saurait être décrite ici, ont les caractères principaux suivants :

Nitrile α [p-méthoxyphényl]-butyrique, $C^{11}H^{13}ON$. Liquide incolore F 130°.

Amide α [p-méthoxyphényl]-butyrique $C^{11}H^{15}O^2N$. Cristaux incolores F 101-102°.

Amide α [p-méthoxyphényl]-butyrique $C^{11}O^{14}O^3$. Cristaux incolores F 68°.

Nitrile α [p-méthoxyphényl].γ-[m-méthoxyphényl]-butyrique $C^{18}H^{19}O^2N$. Liquide visqueux E_3 205-210°.

A 15h 55m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 15m.

A. Lx.

([4]) *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 870.

([5]) *Proc. Roy. Soc. London*, B, 127, 1939, pp. 140-167.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 DÉCEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice sur la vie et les travaux de Sir JOSEPH JOHN THOMSON,
par M. **MAURICE DE BROGLIE.**

Le professeur Sir **JOSEPH JOHN THOMSON**, qui vient de s'éteindre au cours du deuxième semestre de 1940, était né à Manchester en 1856. Il fit ses études supérieures à Cambridge, dans le cadre de Trinity College où il devait poursuivre toute sa carrière; maître de conférences en 1883, successeur de Lord Rayleigh à la direction du Laboratoire Cavendish depuis 1884, il occupa également la chaire de Physique de la Royal Institution entre 1905 et 1918, et termina sa vie universitaire comme master de Trinity College à partir de 1918. Élu membre de la Société Royale dès 1884, il présida cette compagnie en 1915. L'Académie des Sciences l'avait nommé Correspondant pour la Physique générale en 1911, puis Associé étranger en 1919. L'influence qu'il exerça sur le développement de la Physique moderne, tant par ses travaux personnels que par ses ouvrages et par la remarquable phalange de savants qui furent ses élèves et continuèrent son œuvre, fut exceptionnellement féconde.

Ses premiers travaux, poursuivis sous la direction de Lord Rayleigh, eurent d'abord trait au rapport des unités électrostatiques et électromagnétiques, puis à la théorie des tourbillons et aux effets produits par le déplacement des charges électriques. Il se tourna ensuite vers ce qui devait être le principal objet de ses recherches, le passage de l'électricité à travers les gaz.

En 1897 on savait, depuis les recherches de Jean Perrin, confirmées par celles de Thomson lui-même, que les rayons cathodiques étaient formés d'un flot de particules électrisées négatives, mais on ne connaissait pas encore la masse de ces corpuscules et la valeur absolue de leur charge : Thomson mesura le rapport e/m de ces deux grandeurs et put montrer qu'à moins d'admettre que la charge négative des particules cathodiques soit infiniment plus grande que celle des ions électrolytiques monovalents, il fallait que leur masse fût plus de mille fois moindre que celle de l'atome d'hydrogène. L'école de Cambridge

devait, du reste, bientôt montrer que la charge des projectiles cathodiques était identique à celle des ions électrolytiques, en même temps qu'elle en déterminait la valeur. On avait donc affaire à un corpuscule d'un caractère tout nouveau et l'on retrouvait là ces électrons, constituants universels de la matière que la science commençait à découvrir à la base de presque tous les phénomènes.

A partir de 1895, il put rassembler autour de lui, et grouper pour des recherches concordantes, de nombreux élèves dont les premiers furent Townsend et Rutherford, Mac Clelland, Langevin, C. T. R. Wilson, Zeleny, Strutt, Richardson et bien d'autres encore. Réunissant les aptitudes du théoricien à celles de l'expérimentateur, doué d'une imagination puissante et d'un grand talent de professeur, Sir Joseph Thomson s'attaqua à la tâche difficile de concevoir les premiers modèles d'atome et ouvrit le chemin que devait si brillamment parcourir son élève et successeur Lord Rutherford.

Puis, reprenant vers 1912, mais cette fois pour les charges positives, les belles expériences de déviations électriques et magnétiques qui l'avaient conduit à déterminer la valeur de e/m pour l'électron, il posa les principes de la spectrographie des masses devenus, grâce aux travaux d'Aston, au même laboratoire Cavendish, la base des recherches sur la composition isotopique des éléments. Un livre, que le professeur de Trinity College publia au début de ce siècle, reste encore le plus magistral exposé des immenses progrès que la conductibilité électrique des gaz a fait faire à la Physique atomique. Sir Joseph Thomson fut le guide et le flambeau de toute une génération de physiciens illustres, parmi lesquels il faut aussi compter son fils, le professeur G. P. Thomson, et son influence se fait sentir aujourd'hui sur les élèves de ses élèves.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Explication simple de plusieurs particularités des molécules.* Note de M. **Henri Deslandres**.

Cette Note est la suite de la Note du 6 juillet 1942, présentée sous le même titre. Le lecteur est prié de se rapporter à cette dernière Note, aux trois Notes du 21 juillet, 1er et 29 décembre 1941, et même aux 27 Notes antérieures publiées depuis 1930.

Toutes ces publications se rapportent au même sujet, au rayonnement infrarouge lointain des molécules, révélé depuis 1928 par les spectres Raman de diffusion, émis avec une bonne précision à la température ordinaire ou à des températures plus basses, de la fréquence ν cm^{-1} 10 à ν 5000. Ce rayonnement, longtemps négligé, a une influence certaine sur la formation et la stabilité des molécules; car tout atome ou groupe d'atomes a ses vibrations propres qui agissent, principalement par la résonance, sur tous les atomes qui

l'entourent. Une revue rapide des recherches antérieures montrera comment cette action spéciale s'est imposée peu à peu à mon attention.

Le rayonnement des molécules a été relevé d'abord dans l'octave lumineux, puis dans les régions de l'ultraviolet et du proche infrarouge avec la plaque photographique qui enregistre le spectre entier, et assure son étude complète. Quant à l'infrarouge lointain, il est resté longtemps presque inaccessible; son étude exigeait des appareils complexes, des mesures longues et délicates, qui ont été organisés seulement dans un très petit nombre de laboratoires.

Or, à partir de l'année 1884, j'ai étudié le rayonnement très intense des molécules, émis dans les gaz traversés par l'étincelle électrique non condensée. Le spectre est très complexe et constitué par les spectres d'aspect particulier, appelés *spectres de bandes*, qui comprennent plusieurs centaines ou même plusieurs milliers de radiations simples. J'ai pu représenter toutes ces radiations par un polynome du 2e degré à 3 paramètres qui prennent les valeurs des nombres entiers successifs, et cette formule a été la base expérimentale de travaux théoriques importants. En même temps j'ai noté que les fréquences les plus brillantes des spectres de bandes et aussi des spectres atomiques étaient des multiples de la fréquence $\nu\,cm^{-1}$ 1062,5, ou des fractions simples de cette fréquence, et j'ai signalé que les spectres devenaient de plus en plus simples, lorsqu'on se rapprochait de l'infrarouge lointain. Aussi lorsque Raman a annoncé en 1928 que la lumière diffusée dans la molécule par une radiation monochromatique intense, lumineuse ou ultraviolette, comprend, à côté de la radiation excitatrice, les radiations infrarouges beaucoup plus faibles de la molécule, j'ai examiné aussitôt les premiers spectres Raman publiés, et j'ai constaté que chaque fréquence nouvelle était sous la dépendance étroite de la constante 1062,5 cm^{-1}, déjà signalée dans d'autres spectres.

Le spectre Raman de la molécule est très simple, il a l'aspect d'un spectre d'atomes, étant formé d'un petit nombre de raies souvent fines; il n'offre pas de bandes identiques à celles du spectre de bandes, mais parfois des séries de raies séparées par le même intervalle. Actuellement le nombre des spectres Raman publiés est supérieur à 4000. Or j'ai étudié les spectres des molécules les plus intéressantes et aussi les spectres mesurés avec une bonne précision et j'ai pu annoncer trois lois simples, qui, avec une analyse spéciale de chaque fréquence, la relient à des arrangements particuliers des atomes et des électrons dans la molécule, et aux nombres d'électrons excités ou activés dans les diverses parties de la molécule, réduites souvent à deux. L'analyse révèle aussi l'ionisation intérieure et parfois les polymères. Les Notes précédentes exposent, avec détails, comment j'ai été conduit à l'analyse et aux trois lois qui sont vérifiées sur plus de 300 molécules de complexité croissante et sur quelques complexes.

II. Ces lois et surtout la 3e, qui impose l'égalité des fréquences émises par les différentes parties de la molécule, sont importantes; elles peuvent être la base d'une étude générale des molécules, abordée dans mes deux dernières

Notes. Dans la dernière en particulier, j'ai montré qu'une molécule formée de deux atomes ayant un nombre atomique impair et un nombre atomique pair doit avoir un nombre pair d'atomes impairs. Plus généralement, la molécule qui a des atomes de nombre atomique impair, comprend un nombre pair de ces atomes, et les molécules très rares, qui ne sont pas en accord avec cette loi, ont une faible stabilité.

J'ai abordé aussi l'étude de la chlorophylle qui, ainsi que les hémoglobines, offre un atome relativement lourd entouré d'atomes plus légers H, C, N et O.

Dans les millions d'années qui nous précèdent, toutes les combinaisons d'atomes ont été essayées dans la croûte terrestre, et les molécules les plus stables ont été maintenues seules ou sont restées les plus nombreuses. Or le magnésium de la chlorophylle, qui a deux fois plus d'électrons que le carbone, est le corps simple qui peut le mieux vibrer en accord avec les atomes légers de la chimie organique et en particulier avec le carbone (1). Une fréquence étant donnée, on admet l'émission de multiples ou d'harmoniques de cette fréquence; il faut admettre aussi l'émission possible de sous-multiples, surtout lorsque ce sous-multiple est la fréquence fondamentale d'un atome voisin. La fréquence fondamentale de Mg, égale à $d_1/12$ (d_1 étant la constante 1062,5), est le premier sous-multiple de la fréquence $d_1/6$ du carbone. L'analyse du spectre Raman de la chlorophylle pourrait fournir des indications utiles, mais, à ma connaissance, ce spectre n'a pas encore été publié.

Le magnésium est un élément plastique ou l'un des 13 ou 14 éléments qui entrent en proportion notable dans la composition élémentaire des êtres vivants. Il a au moins 4 électrons de plus que les atomes légers H, C, N et O; et ces 4 électrons voisins du noyau ou seulement 2 peuvent ne pas être activés si le choc subi par la molécule n'est pas suffisamment fort. Ce cas a déjà été examiné en 1935 (*Comptes rendus*, 200, p. 601). Or les autres éléments plastiques sont aussi en accord de vibration avec le carbone et les 4 atomes

---

(1) Lorsque Raman a annoncé sa découverte, j'étais encore le premier directeur des Observatoires de Paris et Meudon réunis; puis j'ai été mis à la retraite à 77 ans, après avoir été maintenu à ce poste important deux années après l'âge réglementaire de la retraite, fixé alors à 75 ans. J'ai cessé d'avoir à ma disposition un laboratoire, mais j'étais persuadé que l'étude comparée des petites fréquences moléculaires devait donner des résultats intéressants, et j'ai commencé la recherche en m'appuyant sur les mesures publiées par d'autres.

J'ai pu avoir en décembre 1942 le second ouvrage de Kohlrauch, publié en 1938 sur les spectres Raman, et qui prolonge celui de 1931. Le second ouvrage donne en particulier les petites fréquences (à partir de ν cm^{-1} 10), de plusieurs molécules, mais sans indiquer les intensités et la première publication. J'ai noté les petites fréquences communes aux molécules de constitution analogue, et surtout les fréquences ν 82, ν 138, ν 142, qui sont communes aux molécules importantes H^2, N^2 et O^2, et qui sont la preuve d'un accord de vibration possible. Je leur ai appliqué l'analyse nouvelle des spectres moléculaires; les résultats seront présentés dans une Note spéciale.

légers. Si 2 électrons du silicium (nombre atomique 14), si 4 électrons du soufre (16) ne sont pas activés, on retombe sur les 12 électrons du magnésium. Si 2 électrons du calcium (20) et du fer (26) ne sont pas activés, les nombres d'électrons actifs 18 et 24 sont aussi des multiples de 6. Les 5 autres éléments plastiques ont un nombre atomique impair et sont le plus souvent en nombre pair dans les molécules. Or le fluor F^2(18) et le sodium Na^2(22) avec 4 électrons en moins, ont 18 électrons actifs; le phosphore P^2(30) et le chlore (34) privé de 4 électrons, en ont 30 actifs, de même que le potassium K^2 (38) avec 8 électrons en moins. Les nombres d'électrons activés sont encore des multiples de 6; et cette particularité se retrouve aussi dans la molécule KCl (36 électrons et dans NaCl (28 — 4 ou 24) qui sont fréquentes dans les animaux. Finalement tous les atomes plastiques sont en accord de vibration avec le carbone et l'oxygène et aussi avec l'azote, lorsque l'on dresse pour tous ces corps la liste complète des électrons activables.

III. Un autre chapitre de l'étude générale des molécules, abordé aussi dans les Notes précédentes, présente les 4 types principaux d'arrangement des atomes et électrons qui, dans les molécules, assurent l'émission d'une fréquence, à savoir : 1° le type A^2 ou A^n, El^2 ou El^n; 2° le type El^n—El/p; 3° le type $El_1 \times El_2$; 4° El_1—El_2. Je présenterai des molécules intéressantes attachées à chacun de ces types.

Le type A^2 ou A^n, El^2 ou El^n est le plus fréquent, au moins dans les molécules que j'ai étudiées jusqu'ici, la lettre A étant réservée au cas où les 2 ou n parties de la molécule sont identiques. Le type A^2 est celui des molécules des atomes A, qui sont les molécules les plus simples, et qui, pour cette raison, ont été étudiées les premières. Elles ont indiqué la voie à suivre pour les autres molécules et pour les lois du rayonnement. D'ailleurs la grande majorité des molécules, ou tout au moins des molécules très diverses que j'ai étudiées jusqu'ici, offre aussi un arrangement du 1er type, mais de trois manières différentes. Les unes sont, comme les molécules des atomes, exactement divisibles en deux parties qui sont identiques. C'est le cas du carotène $\beta C^{40}H^{56}$, qui accompagne la chlorophylle et est une provitamine conduisant aux vitamines A_1 et A_2. Les nombres s' d'électrons activables, communs aux deux parties, 68, 108 et 148 se retrouvent dans l'analyse de son spectre Raman. D'ailleurs les molécules qui, comme le diphényle, sont divisibles en deux parties identiques, sont assez nombreuses.

Dans d'autres molécules, la formule de constitution indique la division en deux parties qui sont différentes mais qui ont le même nombre d'électrons activables. C'est le cas de l'acide pyruvique, dont le spectre Raman confirme cette division.

Enfin, dans la plupart des molécules, la division imposée par la formule de constitution offre deux parties qui ont des nombres d'électrons activables différents, mais la différence est un petit nombre pair, en général 2, 4, 6 ou 8,

et ce fait est tellement fréquent qu'il peut être présenté comme une 4e loi des spectres moléculaires. C'est le cas du quercitol, des acides uronique et butyrique, de la proline, du tryptophane et de la plupart des acides aminés, de la créatinine, de l'adrénaline, hormone intéressante, des vitamines A_1 et A_2 et aussi de la chlorophylle. Les Notes antérieures offrent plusieurs exemples de cette division et de l'ionisation nécessaire vérifiée par l'analyse ([2]).

Cette 4e loi, reconnue principalement sur les molécules organiques, peut être formulée et résumée simplement : Dans la plupart des molécules, la formule de constitution indique la division en deux parties, dont les nombres d'électrons activables ont une différence nulle ou égale à un petit nombre pair. L'ionisation intérieure peut alors intervenir pour assurer l'égalité des électrons activés dans les deux parties; elle a été vérifiée par l'analyse sur les molécules organiques peu nombreuses dont le spectre Raman est connu. Avant d'admettre définitivement cette ionisation finale, il faut attendre que le spectre Raman d'un grand nombre de ces molécules organiques ait été mesuré et analysé ([3]).

La suite de ce chapitre important sera exposée avec les détails nécessaires dans les Notes ultérieures.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité de 47 suffrages, MM. **A. Cotton**, **G. Perrier**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **M. Caullery**, **M. Delépine**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **A. de Gramont**, **C. Gutton**, pour la Section des Académiciens libres, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, présentera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par la mort de M. *Alexandre Desgrez*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

André Tilquin. *La toile géométrique des araignées* (présenté par M. Louis Fage).

([2]) Les spectres Raman analysés, signalés dans cette Note, sont tirés des Mémoires suivants : Carotène β par Euler et Hells, *Z. physik. Chem.*, 15, 1932, p. 342; Acide pyruvique par Kohlrausch et Pongratz, *Ber. d. chem. Ges.*, 66, 1934, p. 1465.

([3]) L'ionisation finale a été vérifiée sur de nombreuses molécules inorganiques.

ALGÈBRE. — *Sur le nombre de dimensions d'un module.*
Note de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient A un anneau (commutatif ou non) ayant un élément unité e, M un A-module à gauche tel que $e\mathbf{x}=\mathbf{x}$ pour tout $\mathbf{x}\in$ M. On dit que M admet une *base régulière* $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \ldots, \mathbf{a}_n$ si tout élément de M peut se mettre *d'une manière et d'une seule* sous la forme $\sum_{i=1}^{n} t_i\mathbf{a}_i$, où les t_i sont des éléments de A bien déterminés. Il revient au même de dire que M est *somme directe* de n sous-modules dont chacun est isomorphe à A (considéré comme module à gauche par rapport à lui-même).

On est aussitôt amené à se demander si le nombre d'éléments d'une base régulière d'un A-module (lorsqu'il existe une telle base) est un *invariant* de ce module, autrement dit, si deux bases régulières de M ont nécessairement le même nombre d'éléments. Comme on sait, il en est ainsi lorsque A est un *corps*, donc M un *espace vectoriel*, et c'est là une des propriété fondamentales de ces espaces (conséquence immédiate du théorème de Jordan-Hölder). Dans d'intéressants travaux en cours de publication, et qu'il a eu l'obligeance de me communiquer, M. P. Dubreil a étendu cette propriété à des cas plus généraux; je me propose dans cette Note d'ajouter quelques remarques sur ce sujet, en donnant d'abord deux cas généraux où la propriété est vraie, puis un exemple où elle ne subsiste plus.

2 *a*. A *est un sous-anneau d'un anneau* B (ayant même élément unité) *tel que* B, *considéré comme* B-*module à gauche*, *admette une suite de composition* (A lui-même n'a pas nécessairement cette propriété). Alors $M=\sum_{i=1}^{n}A\mathbf{a}_i$ peut être considéré comme *plongé* dans le B-module $N=\sum_{i=1}^{n}B\mathbf{a}_i$. Il suffit de prouver que M ne peut être engendré par moins de n éléments. Or, si $m<n$ éléments de M engendraient ce A-module, les $\mathbf{a}_i$ en seraient des combinaisons linéaires (à coefficients dans $A\subset B$), donc ces m éléments engendreraient aussi N. Or, si B, considéré comme B-module à gauche, a une suite de composition de longueur p (« est de longueur p »), N est un B-module de longueur pn; tout sous-module cyclique de N, isomorphe au quotient de B par un idéal à gauche, est de longueur $\leqq p$; la *somme* de m de ces modules cycliques est isomorphe à un module quotient de leur *somme directe*, donc est de longueur $\leqq mp$; elle ne peut par suite être identique à N, ce qui établit la proposition.

Cas particuliers. — *a*. A est contenu dans un *corps* (commutatif ou non); *b*. A est contenu dans un *système hypercomplexe* de rang fini sur un corps commutatif.

b. A *est un anneau commutatif*. Supposons que M ait deux bases régulières $\mathbf{a}_1, \ldots, \mathbf{a}_n$ et $\mathbf{b}_1, \ldots, \mathbf{b}_m$, et que $m > n$. On peut écrire, par hypothèse, (1) $\mathbf{a}_i = \sum_{j=} u_{ij} \mathbf{b}_j$, et (2) $\mathbf{b}_j = \sum_{i}^{n} v_{ji} \mathbf{a}_i$, où les u_{ij} et v_{ji} sont dans A. Soient U la matrice *carrée* formée des u_{ij} tels que $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq n$, V la matrice carrée formée des v_{ji} avec les mêmes conditions pour les indices; en substituant les valeurs des $\mathbf{a}_i$ tirées de (1) dans les n premières équations (2), et identifiant les coefficients des $\mathbf{b}_k$ aux deux membres, on obtient en particulier la relation $VU = I$ (matrice unité), donc, en prenant les déterminants, $|V| \cdot |U| = 1$, et par suite $\Delta = |V| \neq 0$. Soit V_{ji} le mineur (avec son signe) de v_{ji} dans le déterminant Δ; des n premières équations (2), on tire aussitôt $\Delta \mathbf{a}_i = \sum_{j=1}^{n} V_{ji} \mathbf{b}_j$ pour $1 \leq i \leq n$; d'où, en portant dans $\Delta \mathbf{b}_{n+1}$, une relation de la forme $\Delta \mathbf{b}_{n+1} = \sum_{j=1} w_j \mathbf{b}_j$, et comme $\Delta \neq 0$, une telle relation est impossible par hypothèse, d'où la proposition.

3. Soit E un espace vectoriel par rapport à un corps K (commutatif ou non), ayant une base *infinie dénombrable* $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \ldots, \mathbf{e}_n, \ldots$ Soit A l'anneau des *endomorphismes* de E (applications linéaires de E dans lui-même); A possède un élément unité e (application identique de E sur lui-même); le produit uv de deux éléments de A est l'endomorphisme $\mathbf{x} \to u[v(\mathbf{x})]$. Nous allons voir que A, considéré comme A-module, qui admet évidemment la base régulière formée du seul élément e, admet aussi une base régulière formée de *deux* éléments u_1, u_2. Pour cela, prenons pour u_1 l'endomorphisme de E tel que $u_1(\mathbf{e}_{2n-1}) = 0$, $u_1(\mathbf{e}_{2n}) = \mathbf{e}_n$ pour $n = 1, 2, \ldots$ Prenons de même u_2 tel que $u_2(\mathbf{e}_{2n-1}) = \mathbf{e}_n$, $u_2(\mathbf{e}_{2n}) = 0$ quel que soit n. Soient, d'autre part, v_1 l'endomorphisme tel que $v_1(\mathbf{e}_n) = \mathbf{e}_{2n}$, v_2 l'endomorphisme tel que $v_2(\mathbf{e}_n) = \mathbf{e}_{2n-1}$. Il est immédiat que $e = v_1 u_1 + v_2 u_2$, donc, pour tout $u \in A$, $u = ue = uv_1 u_1 + uv_2 u_2$, A est *somme* des A-modules Au_1 et Au_2; cette somme est *directe*, car pour $w \in Au_1$ on a $w(\mathbf{e}_{2n-1}) = 0$, et pour $w \in Au_2$, $w(\mathbf{e}_{2n}) = 0$, donc w ne peut appartenir à ces deux sous-modules que si $w = 0$. Enfin, u_1 et u_2, qui forment ainsi une *base* de A, forment une base *régulière*, car si l'on a $wu_1 = 0$, cela signifie $w(\mathbf{e}_n) = 0$ pour tout n, donc $w = 0$, et de même $wu_2 = 0$ entraîne $w = 0$.

On pourrait construire de la même façon une base régulière de A ayant *un nombre quelconque* d'éléments.

4. Les remarques qui précèdent n'épuisent naturellement pas la question, puisqu'elles ne fournissent pas de condition *nécessaire et suffisante* (sur l'anneau A) pour que le nombre d'éléments d'une base régulière d'un A-module soit un invariant. Un cas intéressant qui reste à élucider est celui des anneaux A *sans diviseur de zéro*, mais ne pouvant être plongés dans un

corps [1]; comme, dans ce cas, A lui-même, considéré comme A-module, ne peut être somme directe de deux idéaux à gauche, la propriété serait une conséquence du théorème de Remak-Krull-Schmidt [2] si (ce qu'on ignore actuellement) ce dernier, pour de tels modules, était valable *sans condition minimale*.

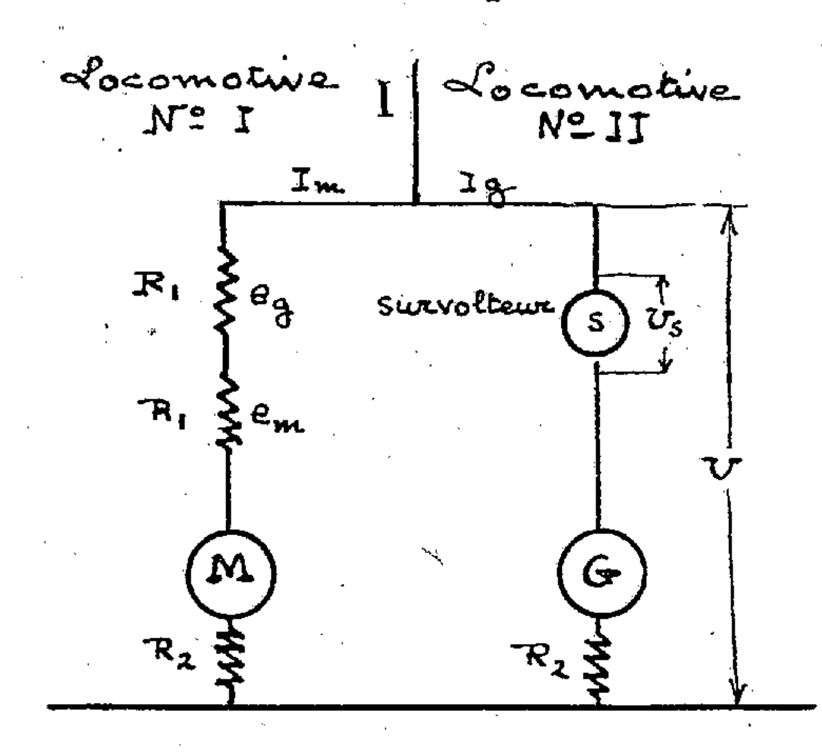
MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Mesures des résistances au roulement au moyen de locomotives électriques ou Diesel-électriques*. Note de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

La méthode d'Hutchinson, habituellement utilisée pour déterminer le rendement d'un moteur électrique par accouplement mécanique de deux machines identiques, marchant à la même vitesse avec la même excitation, peut être appliquée à deux locomotives. Dans ce cas l'accouplement est réalisé par l'intermédiaire des rails et les pertes dans la transmission comprennent les résistances à l'avancement des locomotives et du train remorqué.

Dans le cas de deux locomotives isolées on peut écrire

$$(1)\qquad \mathrm{UI} + \mathrm{U}_s\mathrm{I}_g = w_1 + w_2 + \mathrm{I}_m^2(\mathrm{R}_2 + 2\mathrm{R}_1) + \mathrm{I}_g^2\mathrm{R}_2 + e\,[\mathrm{I}_m + \mathrm{I}_g].$$

Dans le cas de deux locomotives remorquant un train à la même vitesse que



dans l'essai avec deux locomotives isolées, le même courant passera dans la machine I, si la tension d'alimentation est la même, et nous pourrons écrire

$$(2)\qquad \mathrm{UI}' + \mathrm{U}'_s\mathrm{I}'_g = w_1 + w_2 + \mathrm{P}r\mathrm{V} + \mathrm{I}_m^2(\mathrm{R}_2 + 2\mathrm{R}_1) + \mathrm{I}_g'^2\mathrm{R}_2 + e\,[\mathrm{I}_m + \mathrm{I}'_g],$$

en appelant r la résistance à l'avancement du matériel remorqué par tonne, P le poids du train en tonnes, V la vitesse.

---

(1) Pour un exemple de tels anneaux, voir A. Malcev, *Math. Ann.*, **113**, 1936, p. 686.

(2) Cf. H. Fitting, *Math. Zeitschr.*, 39, 1935, p. 16.

Par des mesures, purement électriques, des tensions et des courants, nous pourrons donc déterminer les puissances $w_1 + w_2$ d'une part et $(w_1 + w_2 + PrV)$ d'autre part. La résistance au roulement r pourra donc être mesurée, sans essais préliminaires du matériel électrique, au point fixe et sans exiger l'emploi d'un wagon-dynamomètre.

La résistance de l'air pourra être déterminée en constituant le train remorqué au moyen de locomotives, identiques aux locomotives de tête (fonctionnant l'une en traction, l'autre en freinage). On admettra que la puissance mécanique absorbée pour la marche, à la vitesse V de N machines, est telle que $w_1 + w_2 + w_3 + \ldots w_n = w_1 + (n - 1)w_2$.

Cette méthode d'essai s'applique sans changement, mais avec des facilités de réglage plus grandes, au cas des locomotives Diesel-électriques, le groupe générateur de la locomotive II servant de groupe survolteur.

Cette méthode d'essai établit la liaison entre la méthode d'essai au point fixe habituellement employée pour les machines électriques et la méthode d'essai en ligne Lomonossoff-Czetzott-Nordmann, habituellement employée pour les locomotives à vapeur. La présente méthode n'exige pas l'emploi de wagon-dynamomètre comme la méthode habituellle d'essai en ligne.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Les inclinaisons des étoiles doubles spectroscopiques et la relation masse-luminosité.* Note de M. **Henry Berthomieu**, présentée par M. Ernest Esclangon.

I. L'évaluation des masses probables des étoiles doubles spectroscopiques à partir des masses minima $m_1 \sin^3 i$, $m_2 \sin^3 i$, pose une question au sujet du facteur $\sin^3 i$ qu'on remplace par une valeur moyenne hypothétique déduite le plus souvent de considérations théoriques de probabilité : plusieurs nombres ayant été proposés [1], je vais montrer que la relation masse-luminosité apporte une conclusion nette en faveur de l'hypothèse couramment adoptée. On verra de plus qu'il y a lieu de distinguer les binaires spectroscopiques proprement dites de celles qui sont aussi à éclipses.

En admettant avec Schlesinger que les chances de découverte d'un couple spectroscopique sont proportionnelles à la vitesse radiale, donc à $\sin i$, on trouve $\overline{\sin^3 i} = 32/15\pi = 0{,}68$. Pour contrôler cette moyenne théorique, j'utilise 52 couples non photométriques, soit (S), pour chacun desquels la relation masse-luminosité a permis de déterminer tous les éléments [2]; je leur associe

---

[1] Voir par exemple Aitken, *The Binary Stars*, 1935, p. 219 et Russel, Dugan, Stewart, *Astronomy*, 2, 1927, p. 701.

[2] G. Durand, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1099 et *Annales Obs. Toulouse*, 11, 1935 p. 209. Voir aussi plusieurs Mémoires du même auteur (*Annales Obs. Toulouse*, 14, 1938, p. 5; *Ibid.*, 15, 1939, p. 117; *Bulletin Astronomique*, 11, 1938, p. 137), qui établissent la réalité de la relation et la vérifient du point de vue numérique.

22 binaires à éclipses (E) dont on a l'orbite avec des données satisfaisantes ([3]). Calculant $\overline{\sin^3 i}$, j'obtiens pour les étoiles (S) et (E) respectivement, 0,56 et 0,94. La moyenne générale (S)+(E) vaut 0,67 : en très bon accord avec la moyenne théorique, elle réalise une vérification préliminaire remarquable de l'hypothèse de Schlesinger *appliquée à tous les couples spectroscopiques, photométriques ou non.*

Je compare ensuite la loi empirique de distribution des *inclinaisons* des $N = 74$ couples (S)+(E) avec la loi théorique (P) qui résulte de l'hypothèse adoptée. Des considérations géométriques simples montrent que (P) s'exprime par la probabilité élémentaire $(4/\pi)\sin^2 i\, di$. Soit, pour fixer les idées, l'intervalle (0°, 90°) partagé en intervalles partiels $\Delta i = 10°$: il est facile de calculer dans chacun d'eux les fréquences f, puis les populations théoriques $\nu = fN$ à comparer aux populations n constatées :

(I)

i	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
n	0	0	3	6	8	13	13	15	16	
ν	0,2	1,1	3,0	5,4	8,2	11,0	13,5	15,3	16,3	

L'accord est évident; pour le caractériser, on a l'écart moyen $\varepsilon = 0,58$, valeur faible eu égard au petit nombre de couples utilisés. Plus décisive qu'une simple confrontation de moyennes, cette comparaison statistique complète la vérification.

II. Je me suis proposé de rechercher une loi de probabilité (P_S) propre aux couples spectroscopiques *non photométriques* en m'appuyant sur la loi empirique $n_S = n_S(i)$ de distribution des étoiles (S) et sur la condition géométrique de non-éclipse. Le dénombrement statistique opéré sur les (S) suivant le même schéma que ci-dessus montre que les populations n_S, croissantes avec l'inclinaison quand $i < 55°$, décroissent pour les valeurs plus élevées de i :

(II)

i	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
n_S	0	0	3	6	8	13	12	6	4	
p_S	0,0	0,5	2,1	5,7	9,9	12,0	11,4	7,3	3,1	
ν_S	0,0	0,7	2,5	5,6	9,0	11,3	11,3	8,4	3,1	

Le diagramme, avec un sommet bien caractérisé, peut être représenté par une courbe de Karl Pearson

$$y = 0,23\left(1 + \frac{x}{4,63}\right)^{2,22}\left(1 - \frac{x}{3,60}\right)^{1,73} \qquad \left(x = \frac{i}{10} - 5,5\right),$$

ou par une courbe en cloche, dissymétrique, de Charlier ([4]). Donc, pour les fortes inclinaisons, l'éventualité d'un couple (S) parmi les (S)+(E) est

---

([3]) J. H. Moore, *Fourth Catalogue of Spectroscopic Binary Stars* (*Lick Observatory Bulletin*, 18, n° 483, 1936, p. 23).

([4]) C'est avec cette dernière, un peu plus précise, qu'ont été calculées les populations p_S du Tableau (II).

d'autant plus rare, statistiquement, que i est voisin de 90° : néanmoins, la loi (P) garde sa validité, mais elle doit être complétée en exprimant qu'on écarte les couples (E). Dans ce but, j'écris la condition de non-éclipse, réduite à son maximum de simplicité (orbite circulaire, composantes sphériques). Diverses considérations, qui font intervenir en définitive la variable $r = a \cos i$ (a, distance entre les centres des composantes), m'amènent à introduire dans la loi initiale (P) le facteur $r\,dr$, de sorte que la probabilité élémentaire devient $4 \sin^3 i \cos i \, di$. Telle est la loi (P_s), qu'on vérifie par le calcul (d'ailleurs immédiat) des populations ν_s comparables aux n_s constatées. Le Tableau (II) met en évidence l'accord : on a $\varepsilon = 0,9$. Or, les courbes de Karl Pearson et de Charlier donnent respectivement $\varepsilon = 1,1$ et $0,8$: c'est dire que la loi (P_s) représente les observations avec autant de précision que des formules d'ajustement calculées par voie empirique.

La *valeur moyenne* de $\sin^3 i$ déduite de (P_s) est $4/7 = 0,57$, donc pratiquement identique à la moyenne observée 0,56 : c'est ce nombre qu'il convient d'adopter (au lieu de 0,68) pour évaluer les masses probables des étoiles du type (S).

PHYSIQUE. — *Détermination, par la* condition de moindre imprécision, *des coefficients d'une formule représentant une courbe expérimentale, où ils figurent linéairement.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour passer au mieux à travers des points expérimentaux, il est classique d'admettre que les écarts entre les valeurs exactes et les valeurs observées ne sont pas quelconques, mais satisfont approximativement à des lois générales. Or une telle considération est étrangère à la question. Quoi qu'il en puisse être des erreurs expérimentales, le véritable problème, pour le physicien, est *seulement* de faire en sorte que les résultats en soient *faussés* le moins possible.

A une incertitude expérimentale δy_i doit ainsi correspondre la plus petite incertitude possible $\delta_i G$ sur la grandeur à déterminer. Il faut donc que le plus grand coefficient d'un δy_i dans δG soit le moindre possible en valeur absolue. C'est la *condition de moindre imprécision*, dont nous avons déjà [1] [2] esquissé l'usage.

Nous nous proposons d'indiquer, par quelques exemples, en nous bornant ici au cas des paramètres linéaires, que la méthode permet de calculer les coefficients d'une formule représentant une courbe expérimentale.

1. *Formule du premier degré.* — On cherche à représenter les coefficients A et B de l'expression $(Ax + B)$, à partir des ordonnées expérimentales y_i, par

$$A = a_1 y_1 + \ldots + a_n y_n, \qquad B = b_1 y_1 + \ldots + b_n y_n$$

---

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 983. Un raisonnement incorrect avait entaché d'une légère erreur tout ce qui était relatif à l'ordonnée extrême.

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 107.

(comme aux paragraphes 2 et 3, l'origine est prise au centre de l'intervalle, et les abscisses sont supposées équidistantes et entières), puis l'on exprime le caractère propre de la fonction $(Ax+B)$, en écrivant que ces deux formules seraient identiquement satisfaites, si les ordonnées expérimentales s'exprimaient exactement par ladite fonction. On obtient ainsi, si $n=2N+1$,

$$A=a_1(y_1-y_{2N+1})+a_2(y_2-y_{2N})+\ldots+a_N(y_N-y_{N+2}),$$
$$B=b_1(y_1+y_{2N+1})+b_2(y_2+y_{2N})+\ldots+b_N(y_N+y_{N+2})+b_{N+1}y_{N+1},$$

avec les équations de condition

$$2Na_1+2(N-1)a_2+\ldots+2a_N=-1,$$
$$2b_1+2b_2+\ldots+2b_N+b_{N+1}=1.$$

On trouve immédiatement que les a_i et les b_i sont le plus petits possible en valeur absolue, s'ils sont respectivement égaux entre eux, et donnés par

$$N(N+1)a_i=-1, \qquad (2N+1)b_i=1.$$

Si le nombre des ordonnées est pair et égal à $2N$, on a de même

$$A=a_1(y_1-y_{2N})+a_2(y_2-y_{2N-1})+\ldots+a_N(y_N-y_{N+1}),$$
$$B=b_1(y_1+y_{2N})+b_2(y_2+y_{2N-1})+\ldots+b_N(y_N+y_{N+1}),$$

avec les équations de condition

$$(2N-1)a_1+(2N-3)a_2+\ldots+3a_{N-1}+a_N=-1,$$
$$2b_1+2b_2+\ldots+2b_{N-1}+2b_N=1,$$

dont la solution est

$$N^2a_i=-1, \qquad 2Nb_i=1.$$

C'est seulement avec la formule du premier degré que les écarts sont nuls en moyenne entre les points expérimentaux et une telle courbe théorique.

2. *Formule du deuxième degré.* — Les coefficients A, B, C de l'expression (Ax^2+Bx+c), seront donnés, comme on le voit sans calcul en renversant l'ordre des ordonnées, par les formules suivantes, si $n=2N+2$:

$$A=a_1(y_1+y_{2N+1})+a_2(y_2+y_{2N})+\ldots+a_{N+1}y_{N+1},$$
$$B=b_1(y_1-y_{2N+1})+b_2(y_2-y_{2N})+\ldots+b_N(y_N-y_{N+2})+b_{N+1},$$
$$C=c_1(y_1+y_{2N+1})+c_2(y_2+y_{2N})+\ldots+c_{N+1}y_{N+1},$$

avec les groupes d'équations de condition obtenues comme ci-dessus

$$\left\{\begin{array}{l} 2a_1+2a_2+\ldots+2a_N+a_{N+1}=0, \\ 2N^2a_1+2(N-1)^2a_2+\ldots+8a_{N-1}+2a_N=1, \end{array}\right.$$
$$\left\{\begin{array}{l} 2Nb_1+2(N-1)b_2+\ldots+2b_N=-1, \\ b_{N+1}=0; \end{array}\right.$$
$$\left\{\begin{array}{l} 2c_1+2c_2+\ldots+2c_N+c_{N+1}=1, \\ N^2c_1+(N-1)^2c_2+\ldots+4c_{N-1}+c_N=0. \end{array}\right.$$

On trouve la solution en donnant aux p premiers a_i une valeur commune α, et aux suivantes la valeur commune $-\alpha'$, p étant tel que α et α' soient aussi voisins que possible; en donnant aux $b_i (1\leq i\leq N)$ la valeur commune $-1 : N(N+1)$;

en donnant aux q premiers c_i la valeur commune $-\gamma'$, et aux suivants la valeur commune γ, q étant l'entier qui rend γ et γ' aussi voisins que possible.

Si le nombre des ordonnées est pair et égal à $2N$, le terme isolé manque à la fin des formules donnant A, B, C. Les équations de condition deviennent

$$a_1 + a_2 + \ldots + a_N = 0, \qquad (2N-1)^2 a_1 + \ldots + 9a_{N-1} + a_N = 2,$$
$$(2N-1)b_1 + (2N-3)b_2 + \ldots + 3b_{N-1} + b_N = -1,$$
$$2c_1 + 2c_2 + \ldots + 2c_N = 1, \qquad (2N-1)^2 c_1 + \ldots + 9c_{N-1} + c_N = 0.$$

La solution s'obtient de la même manière. La valeur commune des b_i est $-N^{-2}$.

Dans tous les cas, p est voisin de $0{,}5N$; q, de $0{,}2N$; α, de $2.N^{-3}$; γ, de $5:6N$.

3. *Ordonnée régularisée.* — En admettant [1] que les ordonnées y_1, y_2, $\ldots$, y_k, $\ldots$, y_n soient représentables par une expression du second degré $(Ax^2 + Bx + c)$, on *régularise* en (y_k) l'ordonnée y_k par la formule

$$(y_k) = a_1 y_1 + \ldots + a_n y_n,$$

et l'on écrit que les deux membres sont identiques en A, B, C, si l'on remplace (y_k) et les y_i par les expressions du second degré correspondantes. S'il y a $(2N+1)$ ordonnées, on a les équations de condition

$$N^2 a_1 + (N-1)^2 a_2 + \ldots + (N-1)^2 a_{2N} + N^2 a_{2N+1} = (N+1-k)^2,$$
$$N^2 a_1 + (N-1) a_2 + \ldots + a_N - a_{N+2} - \ldots - (N-1) a_{2N} - N a_{2N+1} = N+1-k,$$
$$a_1 + a_2 + \ldots + a_{2N} + a_{2N+1} = 1.$$

La solution, beaucoup plus difficile, de ce système à *trois* équations, sera donnée ailleurs.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Produits symétriques.*
Note de M. **Jacques Courtois**.

La notation que nous allons définir est susceptible de nombreuses applications. Nous l'emploierons pour les fonctions d'onde des systèmes de particules identiques.

Définition. — Soient $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \ldots, \vec{r}_N$, N systèmes de variables (par exemple les coordonnées de N particules) et $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_p$ des fonctions, en nombre $p \leqq N$, dépendant chacune d'un système de variables qu'on peut identifier avec n'importe lequel des $\vec{r}$ précédents. Nous appellerons *produit symétrique* de ces fonctions la moyenne arithmétique de tous les produits

$$\varphi_1(\vec{r}_k)\,\varphi_2(\vec{r}_l)\ldots\varphi_p(\vec{r}_s),$$

$k, l, \ldots, s$ désignant tout arrangement de $1, 2, \ldots, N$, p à p. Ce produit symétrique se note

$$\S(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \ldots, \vec{r}_N)\,\varphi_1\varphi_2\ldots\varphi_p, \qquad \S_N\,\varphi_1\varphi_2\ldots\varphi_p, \qquad \S\,\varphi_1\varphi_2\ldots\varphi_p,$$

ou

$$\S\left(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \ldots, \vec{r}_N\right)\Pi_i(\varphi_i), \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

Le signe § s'énonce *symétrique*. Sauf indication contraire, il porte sur tous les produits écrits à sa suite, sans qu'il soit besoin de les mettre entre parenthèses s'ils sont séparés par des + ou —.

Lorsque certains φ sont identiques, le produit prend la forme

$$\S\Pi_i(\varphi_i^{n_i}),$$

avec

$$\Sigma_i n_i \leqq N;$$

$\Sigma_i n_i$ est le degré du produit symétrique.

Ces définitions s'étendent au cas des facteurs dont chacun est fonction de plusieurs des systèmes de variables. Par exemple, avec $\Phi\left(\vec{r}, \vec{r'}\right)$, on représente par $\S\Phi^2$ la moyenne arithmétique des produits

$$\Phi\left(\vec{r}_k, \vec{r}_l\right)\Phi\left(\vec{r}_p, \vec{r}_q\right).$$

Ajoutons que certains φ ou Φ peuvent être des opérateurs. Nous laisserons de côté cette hypothèse, après avoir noté que, dans les cas simples, toutes les propriétés ci-dessous subsistent, y compris la commutativité.

Propriétés. — *a*. Lorsque certains φ (ou Φ) se réduisent à des constantes, le produit symétrique est égal au produit ordinaire par ces constantes du produit symétrique des autres φ.

b. Pour $N \geqq n$,

$$\S_N\{\S_n\Pi\ldots\} = \S_N\Pi\ldots.$$

c. Le produit symétrique est associatif, c'est-à-dire

$$\S_N\varphi_1\ldots\varphi_p\psi_1\ldots\psi_q = \S_N\{\S_m\varphi_1\ldots\varphi_p\}\{\S_n\psi_1\ldots\psi_q\}.$$

d. Il est commutatif.

e. Il est distributif par rapport à une combinaison linéaire à coefficients constants.

Les produits symétriques obéissent donc à toutes les règles du calcul des polynomes.

Bien entendu, les φ (ou Φ) peuvent dépendre non seulement des $\vec{r}$ mais aussi d'autres variables qui n'interviennent pas dans la définition du produit symétrique. Ces variables se comportent comme des constantes vis-à-vis des propriétés précédentes.

La dérivée d'un produit symétrique par rapport à une telle variable t se calcule comme pour un produit ordinaire

$$\frac{\partial}{\partial t}(\S\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_p) = \S\frac{\partial\varphi_1}{\partial t}\varphi_2\ldots\varphi_p + \varphi_1\frac{\partial\varphi_2}{\partial t}\ldots\varphi_p + \ldots + \varphi_1\varphi_2\ldots\frac{\partial\varphi_p}{\partial t}.$$

Il en est de même des dérivées de tous ordres. Pour retrouver toutes les

identités entre les dérivées des polynomes, on représentera par exemple par $\partial/\partial\varphi_i$ la dérivation formelle par rapport à φ_i.

Remarque. — On peut définir de même des produits antisymétriques ou partiellement symétriques, partiellement antisymétriques. Nous examinerons ceci ultérieurement.

ÉLECTRICITÉ. — *Filtre électrique permettant d'obtenir à volonté une ou deux bandes passantes.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que le système constitué par une suite de circuits identiques, sans résistance, couplés par induction mutuelle M constitue un filtre passe-bande (*fig.* 1 *a*), de fréquences limites [1]

$$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{C(L-2M)}},\quad \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{C(L+2M)}}.$$

C C C
L M L M L
n-1 n n+1

Fig. 1 a

Considérons alors deux ensembles identiques de ce type, supposés illimités et sans résistance, *montés en dérivation* et disposés de telle manière que l'induc-

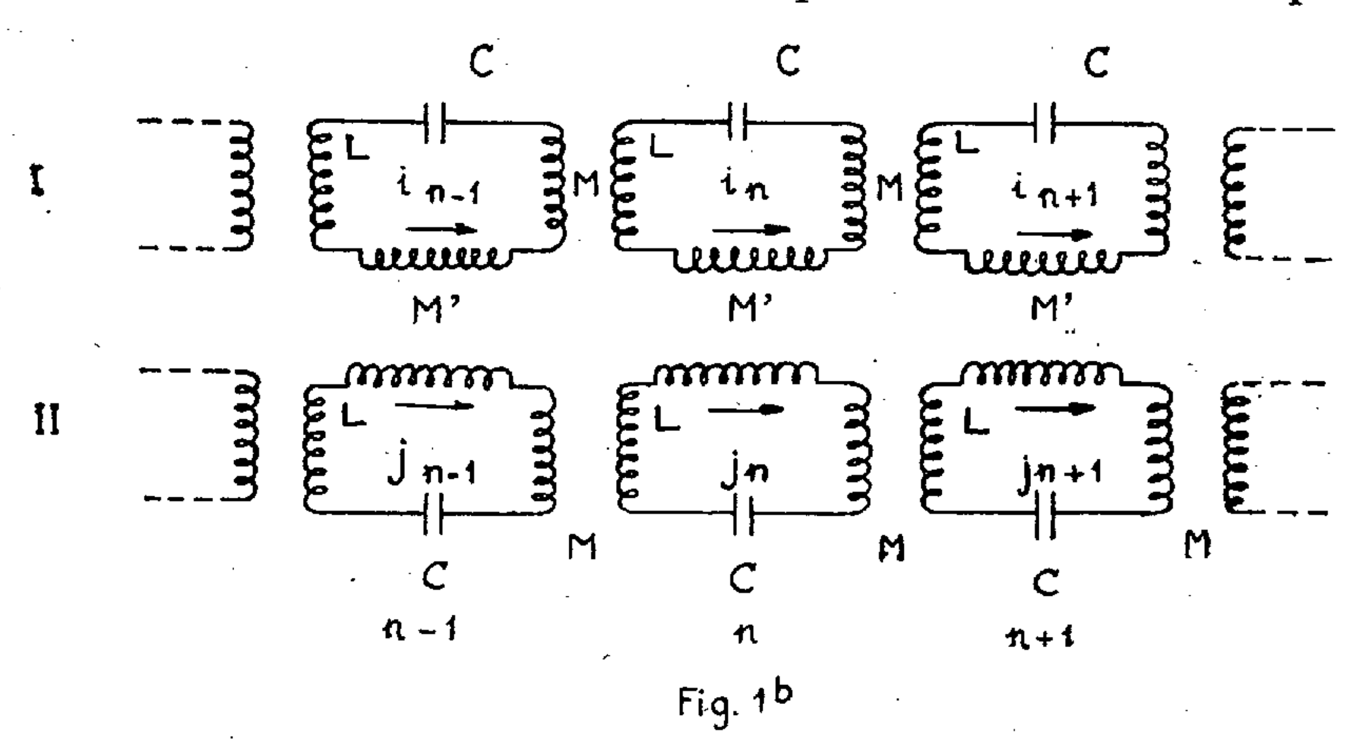


Fig. 1 b

tion mutuelle entre deux circuits de même rang ait une valeur constante M' (*fig.* 1 *b*). L étant la self-induction totale de chaque circuit, C sa capacité et M l'induction mutuelle entre deux circuits consécutifs d'un ensemble, en

(1) Voir par exemple, M. Parodi, *R. G. E.*, 45, 1939, p. 521.

représentant par i_n et j_n les intensités des courants dans les circuits de rang n des deux suites, les équations électriques des cellules de rang n s'écrivent

$$(1)\quad \begin{cases} L i''_n - M(i''_{n-1} + i''_{n+1}) + \frac{1}{C} i_n + M' j''_n = 0, \\ L j''_n - M(j''_{n-1} + j''_{n+1}) + \frac{1}{C} j_n + M' i''_n = 0. \end{cases}$$

Cherchons les conditions de propagation d'ondes de la forme

$$(2)\quad \begin{cases} i_n = A\, e^{2\pi\sqrt{-1}(\nu t - g n)} \\ j_n = B\, e^{2\pi\sqrt{-1}(\nu t - g n)} \end{cases} \quad (\nu \text{ étant la fréquence}).$$

En remplaçant dans le système (1) $i_{n-1}, i_n, \ldots, j_{n-1}, \ldots$ par leurs expressions tirées de (2), il vient

$$-4\pi^2\nu^2 M' A + \left[4\pi^2\nu^2(2M\cos 2\pi g - L) + \frac{1}{C}\right] B = 0,$$
$$\left[4\pi^2\nu^2(2M\cos 2\pi g - L) + \frac{1}{C}\right] A - 4\pi^2\nu^2 M' B = 0.$$

La condition de compatibilité s'écrit

$$4\pi^2\nu^2(2M\cos 2\pi g - L) + \frac{1}{C} = \pm 4\pi^2\nu^2 M'$$

ou

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{C(L \pm M' - 2M\cos 2\pi g)}}.$$

Les conditions de propagation des ondes considérées sont donc

$$\frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{C(L+M'+2M)}} < \nu < \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{C(L+M'-2M)}}$$

et

$$\frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{C(L-M'+2M)}} < \nu < \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{C(L-M'-2M)}}.$$

Deux cas se présentent alors :

A. $M' < 2M$; le système se comporte comme un filtre passe-bande, la largeur de la bande passante étant supérieure à celle obtenue avec un filtre unique.

B. $M' > 2M$; le système possède deux bandes passantes.

En faisant varier le couplage par induction mutuelle (M') des deux ensembles, on pourra donc, d'une part obtenir l'un ou l'autre cas de filtrage et, d'autre part, faire varier dans chaque cas, entre certaines limites, les valeurs des fréquences extrêmes.

Remarquons que des considérations analogues peuvent être développées au sujet des filtres *passe-bas* et *passe-haut*.

OPTIQUE. — *Sur la dispersion de la biréfringence magnétique.*
Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai proposé ([1]) de traduire la dispersion des biréfringences électriques ou magnétiques par la formule simple

$$(1)\qquad C = c\frac{\lambda}{\lambda^2 - \lambda_0^2},$$

où C est la constante de Kerr ou de Cotton-Mouton et λ la longueur d'onde. J'en ai donné l'interprétation ([2]) dans le cas de l'effet Kerr. On peut l'étendre à l'effet Cotton-Mouton.

I. Voici au préalable de nouveaux exemples d'application de ma formule dans ce cas.

Oxyde azotique gazeux. — Les résultats de Bizette et Tsaï sur la biréfringence magnétique de NO ([3]) peuvent être représentés par la formule

$$\frac{C}{C_{5460}} = 5,29\frac{\lambda.10^{-3}}{\lambda^2.10^{-6} - 0,7}$$

(où λ est exprimé en Å), avec une erreur moyenne inférieure à 0,5 %.

Nitrate céreux en solution aqueuse. — D'après les mesures de Haenny ([4]), on trouve

$$\frac{C}{C_{5460}} = 4,405\frac{\lambda.10^{-3}}{\lambda^2.10^{-6} - 5,7}$$

avec une erreur moyenne inférieure à 1 °/₀₀.

Nitrobenzène. — D'après les résultats de Cotton et Mouton ([5]) et de Davis dans l'infrarouge ([6]), on obtient

$$C.10^{12} = 12,74\frac{\lambda.10^{-3}}{\lambda^2.10^{-6} - 4,3}$$

avec une erreur moyenne inférieure à 1 % dans l'intervalle spectral 0,4 μ-1,6 μ.

β-méthylnaphtalène et phénanthrène fondus. — Suivant les mesures de Salceanu ([7]), on a pour ces deux substances

$$C.10^{12} = 11,13\frac{\lambda.10^{-3}}{\lambda^2.10^{-6} - 3,2}, \qquad C.10^{12} = 19,53\frac{\lambda.10^{-3}}{\lambda^2.10^{-6} - 4}$$

avec une erreur moyenne inférieure à 1 °/₀₀ (alors que les écarts à la loi de Havelock atteignent respectivement 4 % et 6 %).

([1]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 780.
([2]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 159.
([3]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 955.
([4]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 931.
([5]) *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 193.
([6]) *Journ. Opt. Soc. America*, **30**, 1940, p. 488.
([7]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 863.

II. Voici maintenant comment on peut préciser la signification théorique de la constante c.

1° *Cas des gaz.* — Pour les gaz diamagnétiques, la constante de Cotton-Mouton, dans le cas où les ellipsoïdes optique et magnétique sont de révolution et de même axe, s'écrit avec les notations usuelles

$$C_1 = \frac{3\varkappa(n^2-1)}{10\lambda k NT}\alpha\alpha_M$$

(où en particulier α et α_M représentent les anisotropies optique et magnétique et x la susceptibilité magnétique par unité de volume). On voit qu'elle est de la forme (1) si l'on pose

$$\boxed{c_1 = \frac{3\varkappa(n_\infty^2-1)}{10 kT.N}\alpha.\alpha_M.}$$

Pour les gaz paramagnétiques, le terme de biréfringence provenant du moment permanent μ s'écrit, dans le cas des molécules ayant un *axe* optique incliné de θ sur μ,

$$C_2 = \frac{(n^2-1)(3\cos^2\theta-1)}{20 k^2 T^2 \lambda}\mu^2\alpha.$$

C'est encore une relation de la forme (1) si l'on pose

$$\boxed{c_2 = \frac{(3\cos^2\theta-1)(n_\infty^2-1)}{20 k^2 T^2}\mu^2\alpha.}$$

Dans le cas général $c = c_1 + c_2$.

Bien entendu, les formules encadrées restent à *expliciter* en tenant compte des théories quantiques ([8]). Dans le *cas (a) de Hund* par exemple, il faut remplacer μ par $\mu_B(\Lambda + 2\Sigma)$ et tenir compte dans l'expression de l'anisotropie magnétique de la contribution *des termes de haute fréquence* du moment, introduits par van Vleck.

2° *Cas des liquides.* — La discussion est analogue à celle que j'ai faite (*loc. cit.*) pour l'effet Kerr. C'est maintenant la quantité

$$c' = \frac{(n^2+2)^2}{3n(n_\infty^2+2)}c$$

qui intervient, où dans c figurent cette fois les propriétés *effectives* des liquides.

III. A titre d'exemple, appliquons les résultats précédents au nitrobenzène On a $c = 12,74.10^{-17}$ C. G. S. Or

$$c = \frac{(n^2+2)^2}{3n(n_\infty^2+2)} \times \frac{3\varkappa(n_\infty^2-1)}{10kTN}\alpha\alpha_M = \frac{(n^2+2)^2}{n} \times \frac{n_\infty^2-1}{n_\infty^2+2} \times \frac{\chi M}{10kT\mathcal{N}}\alpha\alpha_M$$

(où toutes les grandeurs se rapportent au liquide).

([8]) Th. Neugebauer, *Zeits. für Phys.*, 112, 1939, p. 257; 113, 1939, p. 115; 116, 1940, p. 428.

Adoptant

$$k = 1,381.10^{-16}, \qquad \mathfrak{N} = 6,02.10^{23}, \qquad \chi = -0,5.10^{-6}, \qquad \frac{n_\infty^2 - 1}{n_\infty^2 + 2} = 0,304,$$

on trouve

$$\alpha\alpha_M = -0,13.$$

Or les mesures de dépolarisation donnent $|\alpha| = \sqrt{5.10^{-2}}$. On en déduit

$$\underline{\alpha_M = 0,58},$$

ce qui donne comme rapport de la susceptibilité magnétique maxima, à la susceptibilité magnétique moyenne des molécules la valeur $a_3/a = 2,16$, en bon accord avec la valeur 2,26 trouvée précédemment par S. W. Chinchalkar (9) par une autre voie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'union labile de l'oxygène au carbone. Influence de cyclisations supplémentaires.* Note de M. **Charles Dufraisse** et Mlle **Marie-Thérèse Mellier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par sa position transannulaire, l'oxygène forme dans les photooxydes anthracéniques (I) un édifice bicyclique de haute stabilité, comme on l'a fait ressortir antérieurement (1); c'est ce qui explique pourquoi le peroxyde ayant cette structure peut survivre à l'action de la lumière qui l'a engendré. Réciproquement, le départ de l'oxygène ramène la molécule à une autre forme stable, la structure anthracénique, ce qui aide à comprendre l'anomalie qu'es la dissociation thermique du photooxyde. Il ne pouvait faire de doute que tout changement à la stabilité de l'édifice, spécialement dans les tensions internes, devait retentir sur le phénomène de l'union labile de l'oxygène au carbone. L'un des moyens de toucher aux tensions consiste à créer des cycles supplémentaires; c'est l'une des raisons qui nous ont fait étudier l'hétérocœrdianthrone (II) ($C^{28}H^{14}O^2$). Comparé, en effet, aux mésodiarylanthracènes étudiés jusqu'ici, ce corps se singularise par une double cyclisation supplémentaire, intéressant directement le système des deux mésocarbones, siège de la photooxydabilité réversible. Dans notre travail précédent (2), nous avions recherché quel en était le retentissement sur l'allure des mouvements de l'oxygène et nous avions constaté une action favorable au phénomène de l'union labile : l'oxygène se fixe avec une rapidité exceptionnelle et son départ à la dissociation se fait à une température notablement abaissée.

---

(9) *Indian Journ. of Physics*, 6, 1932, p. 563.

(1) Charles Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 436.

(2) Ch. Dufraisse et Mlle Mellier, *Comptes rendus* 215, 1942, p. 541.

Nous avons passé maintenant au rubicène, ou diphénylène-1.9.10.5-anthracène (III) ($C^{26}H^{14}$), corps présentant aussi deux cyclisations, mais pentagonales et non hexagonales comme dans le précédent. Ici la photooxydation est entravée complètement et ne se produit plus : les solutions sulfocarboniques sont stables à la lumière.

Chez le rubicène (III), les cycles surajoutés sont en position *trans* l'un par rapport à l'autre, tout comme dans l'hétérocœrdianthrone (II). Il était souhaitable de faire une comparaison avec la structure (IV), où les diphénylènes se trouvent en vis-à-vis.

A défaut de l'isomère (IV) du rubicène, nous nous sommes adressés au méso-diphénylènenaphtacène (V) ($C^{30}H^{16}$), qui présente justement la disposition voulue. L'hydrocarbure (V), il est vrai, est un benzologue de (IV), c'est le correspondant en série naphtacénique du corps anthracénique (IV); toutefois le changement importe peu en l'occurence puisque, toutes choses égales d'ailleurs, les naphtacènes sont plus photosensibles que les anthracènes. Or le diphénylènenaphtacène (V) est tout aussi résistant que le rubicène à la photooxydation.

En dépit de ce que donneraient à prévoir ces deux exemples, la cyclisation pentagonale unique ne modère pas l'action de la lumière; c'est même le contraire qui se produit avec deux dérivés du mésophénylènenaphtacène (VI), le diphénylphénylènenaphtacène ($C^{36}H^{22}$) ($R = C^6H^5$) et le chlorophénylphénylènenaphtacène ($R = Cl$) ($C^{30}H^{17}Cl$). Les deux composés, violet foncé en solutions sulfocarboniques, se décolorent rapidement à la lumière en fournissant les photooxydes incolores normaux, avec des rendements, satisfaisants (62 %) pour le premier ($C^{36}H^{22}O^2$), assez médiocres (20 %) pour le second ($C^{30}H^{17}ClO^2$). Ce qui est inhabituel, en revanche, c'est la pyrolyse qui prend un tour explosif assez rarement rencontré chez les photooxydes, quand les mésosommets ne portent pas d'hydrogène. La décomposition brusque se produit vers 150°, en libérant 24 % d'oxygène, pour le photooxydiphénylphénylènenaphtacène, et dès 90°, avec libération de 5 % d'oxygène seulement pour le corps chloré : de plus on constate, dans les deux cas, la présence de CO^2, nouveau témoin, après le faible rendement en oxygène, d'une attaque énergique de la molécule.

Les cyclisations pentagonales intéressant les mésosommets perturbent donc

profondément le phénomène de l'union labile. A notre avis, leur influence revient sans doute à diminuer la stabilité du photooxyde en déformant le système bicyclique (I), qui en arrive même à n'être plus viable avec deux cyclisations pentagonales; de là résultent, en premier lieu, la résistance à la photooxydation du rubicène (III) et du diphénylènenaphtacène (V), et, en second lieu, la décomposition thermique prématurée des photooxydes des naphtacènes monocyclisés (VI). Quant à la destruction par pyrolyse de la molécule de ces derniers, elle s'explique par la dissymétrie de la structure qui favorise l'attaque chimique, conformément à une règle très générale.

La cyclisation hexagonale aromatique, au contraire, a la propriété bien connue de s'associer indéfiniment à elle-même, sans tension, dans les structures les plus variées, comme les plus complexes, pyrène, pérylène, anthanthrène, péropyrène, coronène etc., tous corps très stables et donnant de nombreux dérivés aussi stables. On conçoit dès lors que les cyclisations supplémentaires, hexagonales, de l'hétérocœrdianthrone (II) n'apportent aucun obstacle au fonctionnement photochimique de la structure diarylanthracénique, voire même qu'elle la favorise, comme, en Mécanique, certaines articulations supplémentaires, judicieusement disposées, facilitent les mouvements des pièces mobiles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du cyclohexanol avec des dérivés benzéniques halogénés en présence d'acide sulfurique*. Note de M. **Roger Pajeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Pour substituer un radical cyclohexyle dans un noyau benzénique halogéné ou non, il n'est pas nécessaire de préparer un dérivé halogéné du cyclohexanol ou le cyclohexène; il suffit d'utiliser le cyclohexanol en présence d'acide sulfurique.

Dans un mélange agité mécaniquement de dérivé benzénique halogéné (1^{mol}) et d'acide sulfurique de densité 1,82 (200^g) qui peut être additionné d'oléum, on introduit goutte à goutte du cyclohexanol (50^g). Le résultat de l'opération est soumis à un entraînement à la vapeur d'eau, puis le liquide organique est distillé à la pression ordinaire (pour récupérer l'excès de dérivé halogéné), ensuite sous pression réduite. Le rendement par rapport au cyclohexanol dont une partie est détruite est en général de 30 % environ.

Le chlorobenzène donne, dans ces conditions, le cyclohexylparachlorobenzène $C^{12}H^{15}Cl$ et le bromobenzène, le cyclohexylparabromobenzène $C^{12}H^{15}Br$.

Avec l'iodobenzène, le rendement en cyclohexylparaiodobenzène $C^{12}H^{15}I$ est plus faible; il paraît amélioré par l'addition à l'acide sulfurique de 20^g d'oléum à 60 %; on obtient ainsi 10^g de cyclohexylparaiodobenzène que l'acide chromique en solution acétique transforme en acide paraiodobenzoïque $C^7H^5O^2I$.

L'orthochlorotoluène fournit un chloro-4 méthyl-3 cyclohexylbenzène $\acute{E}_{14}$ 150°; d^{19} 1,058; n_D^{22} 1,5408. L'oxydation chromique s'exerce seulement sur le noyau cyclohexanique et donne l'acide chloro-4 méthyl-3 benzoïque $C^8H^7O^2Cl$; il s'ensuit que, dans la condensation du cyclohexanol avec l'orthochlorotoluène, le radical cyclohexyle se substitue en para par rapport à l'halogène et l'on recueille le chloro-4 méthyl-3 cyclohexyl-1 benzène $C^{13}H^{17}Cl$.

Avec le parachlorotoluène, on obtient un chloro-4 méthyl-1 cyclohexylbenzène $\acute{E}_{14}$ 149°; d^{22} 1,054; n_D^{22} 1,5406. L'acide chromique en solution acétique n'oxyde pas dans ce cas le noyau cyclohexanique protégé vraisemblablement par l'halogène qui doit donc être en ortho par rapport à lui; il se forme l'acide chloro-4 cyclohexyl-3 benzoïque $C^{13}H^{15}O^2Cl$ F 206° : par conséquent, le parachlorotoluène donne le chloro-4 méthyl-1 cyclohexyl-3 benzène $C^{13}H^{17}Cl$.

Les spectres Raman de ces dérivés cyclohexylbenzéniques ont été obtenus avec deux excitations séparées, 4046 Å (raie *k* du mercure) et 4358 Å (raie *e*). Les fréquences suivantes sont exprimées en cm^{-1}; le chiffre entre parenthèses indique l'intensité.

Cyclohexylparachlorobenzène. — 176 (e) (4), 243 (e) (2), 252 (e, k) (2), 306 (e) (1), 423 (e, k) (3), 635 (e, k) (1), 699 (e, k) (2), 776 (e, k) (5), 833 (e, k) (2), 869 (e, k) (1), 1002 (e, k) (3), 1032 (e, k) (4), 1052 (e, k) (2), 1090 (e, k) (5), 1161 (e, k) (1), 1178 (e, k) (1), 1201 (e, k) (4), 1233 (e, k) (1), 1266 (e, k) (1), 1282 (e, k) (1), 1301 (e, k) (2), 1332 (e, k) (1), 1350 (e, k) (1), 1446 (e, k) (6), 1573 (e, k) (1), 1596 (e, k) (7), 2855 (k) (9), 2897 (k) (5), 2933 ± 15 (k) (9), 3071 (k) (9).

Cyclohexylparabromobenzène. — 165 (e) (4), 185 (e) (2), 205 (e) (3), 239 (e) (2), 288 (e) (2), 316 (e) (1), 338 (e, k) (5), 380 (e) (1), 524 (e) (1), 632 (e, k) (3), 668 (e, k) (3), 715 (e) (1), 775 (e, k) (7), 829 (e, k) (3), 863 (e) (2), 897 (e) (2), 1002 (e, k) (4), 1026 (e, k) (5), 1049 (e, k) (6), 1079 (e, k) (8), 1138 (e, k) (2), 1166 (e, k) (5), 1181 (e, k) (3), 1204 (e, k) (7), 1236 (e, k) (1), 1267 (e, k) (5), 1279 (k) (2), 1301 (e, k) (7), 1331 (e, k) (2), 1345 (e, k) (1), 1445 (e, k) (7), 1566 (e, k) (1), 1593 (e, k) (9), 2855 (k) (9), 2934 ± 10 (k) (9), 3066 (k) (9).

Cyclohexylparaiodobenzène. — 151 (e) (4), 176 (e) (4), 225 (e, k) (6), 274 (e) (2), 312 (e) (4), 473 (e) (1), 623 (e, k) (2), 657 (e, k) (4), 752 (e) (1), 774 (e, k) (6), 830 (e, k) (3), 870 (e, k) (1), 897 (e, k) (3), 998 (e, k) (5), 1011 (e, k) (3), 1030 (e, k) (4), 1050 (e, k) (7), 1073 (e, k) (2), 1139 (e, k) (2), 1184 (e, k) (2), 1200 (e, k) (6), 1231 (e, k) (2), 1267 (e, k) (4), 1301 (e, k) (4), 1321 (e, k) (1), 1345 (e, k) (1), 1443 (e, k) (8), 1563 (e, k) (2), 1588 (e, k) (7), 2802 (k) (3), 2851 (k) (5), 2932 ± 10 (k) (5), 3057 (k) (5).

Chloro-4 méthyl-3 cyclohexyl-1 benzène. — 168 (e, k) (4), 236 (e, k) (4), 363 (e) (2), 441 (e) (2), 563 (e) (3), 678 (e, k) (2), 741 (e, k) (1), 754 (e, k) (2), 804 (e, k) (6), 843 (e) (2), 886 (e) (1), 936 (e) (2), 1028 (e, k) (4), 1049 (e, k) (7), 1080 (e, k) (5), 1128 (e, k) (2), 1201 (k) (2), 1216 (e, k) (3), 1237 (e, k) (2), 1266 (e, k) (3), 1301 (e, k) (4), 1327 (e, k) (2), 1354 (e, k) (2), 1380 (e, k) (4), 1443 (e, k) (8), 1580 (e, k) (1), 1598 (e, k) (5), 1608 (e, k) (2), 2850 (k) (8), 2890 (k) (4), 2931 ± 15 (k) (9), 3060 ± 15 (k) (5).

Chloro-4 méthyl-1 cyclohexyl-3 benzène. — 108 ± 10 (e, k) (9), 193 (e) (1), 215 (e) (1),

277 (e, k) (2), 313 (e, k) (2), 331 (e, k) (3), 382 (e, k) (6), 413 (e, k) (1), 439 (e) (1), 497 (e) (2), 622 (e, k) (2), 645 (e, k) (2), 745 (e, k) (4), 766 (e, k) (2), 785 (e, k) (1), 805 (e, k) (3), 847 (e, k) (3), 933 (e, k) (3), 1030 (e, k) (2), 1049 (e, k) (1), 1079 (e, k) (4), 1092 (e, k) (4), 1121 (e, k) (2), 1148 (e, k) (3), 1222 (e, k) (2), 1238 (e, k) (2), 1264 (e, k) (2), 1286 (e, k) (2), 1299 (e, k) (3), 1327 (e, k) (1), 1382 (e, k) (3), 1444 (e, k) (5), 1577 (e, k) (1), 1599 (e, k) (6), 2817 (k) (2), 2852 (k) (8), 2890 (k) (3), 2931 ± 15 (k) (9), 3050 ± 15 (k) (5).

Le spectre du cyclohexylparachlorobenzène est identique à celui de ce corps préparé en appliquant la méthode de Gattermann au cyclohexylparaminobenzène résultant de la réduction du cyclohexylparanitrobenzène (le rendement est d'ailleurs très faible) : on en conclut que la condensation du cyclohexanol avec le chlorobenzène, dans les conditions indiquées, fournit le cyclohexylparachlorobenzène exempt d'isomères décelables par l'effet Raman.

La synthèse de ces dérivés (sauf celle du cyclohexylparaiodobenzène) peut aussi être effectuée en faisant agir le cyclohexène en présence de chlorure d'aluminium [1]. Les corps obtenus sont les mêmes dans les deux cas, ainsi que le prouve la comparaison de leurs spectres Raman. En utilisant le cyclohexanol et l'acide sulfurique, le rendement est parfois plus faible, mais on fait l'économie d'une réaction et le catalyseur est peu coûteux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle classe de médicaments, les colorants polyméthiniques.* Note de M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait depuis longtemps [1] que le furfurol réagit sur les arylamines $ArNH^2$ en mélange avec leurs sels XH, $Ar'NH^2$ pour donner des substances intensément colorées de formule XH, ArN=CH—COH=CH—CH=CH—NHAr' (I), qui sont des aniles dérivées de l'aldéhyde α-hydroxyglutaconique (dont la forme énol est CHO—COH=CH—CH=CHOH). Ces corps sont des dérivés hydroxylés des substances XH, ArN=CH—CH=CH—CH=CH—NHAr (II) qu'on obtient lorsqu'on fait agir les halogénures de cyanogène sur la pyridine en présence d'une arylamine primaire [2], et qui sont des aniles de l'aldéhyde glutaconique CHO—CH=CH—CH=CHOH. Ces deux groupes de colorants *polyméthiniques* (c'est-à-dire porteurs de plusieurs liaisons éthyléniques conjuguées) n'ont fait jusqu'ici l'objet d'aucune application pratique. Guidé par les idées d'Ehrlich (selon lequel la couleur décèle souvent des qualités chimiothérapiques) et les expériences de Browning (qui montrent que certaines aniles sont fortement trypanocides ou bactéricides), je me suis demandé si la synthèse

---

(1) R. Pajeau, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 655.

(1) Stenhouse, *Liebig's Annalen*, 156, 1870, p. 199; Zincke et Mühlhausen, *Ber. d. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 3824.

(2) König, *J. für prakt. Chem.* [N. F.], 69, 1904, p. 131.

de molécules des types (I) et (II), portant des groupes *toxophores*, n'offrirait pas des perspectives intéressantes en chimiothérapie. Le présent travail concerne les colorants de type (I) et (II) dérivant de la 4-aminophényl-sulfamide $NH^2-C^6H^4-SO^2NH^2$ (III) de la 4.4'-diaminodiphénylsulfone $NH^2-C^6H^4_{(4)}-SO^2-C^6H^4_{(4')}-NH^2$ (IV) et du 4.4'-diaminodiphénylsulfoxyde $NH^2-C^6H^4_{(4)}-SO-C^6H^4_{(4')}-NH^2$ (IV) (substances fondamentales pour la chimiothérapie actuelle des maladies infectieuses). J'ai ainsi préparé, par exemple, les corps suivants (choisis parmi une soixantaine) :

1° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-NH-CH=CH-CH=CH-CH=N-C^6H^4_{(4)}-SO^2NH^2$ (4-sulfamido-anilino) 1-pentadiène 1.3-al 5.(4-sulfamidoanile) [$C^{17}H^{18}O^4N^4S^2$], poudre cristalline brun violacé foncé, obtenue en versant dans une solution de 25^g de (III) et 6^g de pyridine dans 1^l d'eau chaude, une solution de BrCN préparée à partir de 5^g de CNK, 4$^{cm^3}$ de Br et 125$^{cm^3}$ d'eau, le précipité obtenu étant essoré, lavé à l'eau, l'alcool, puis l'éther et desséché à température basse.

2° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NHC^6H^5$, ClH : chlorhydrate de (4-sulfamidoanilino-) 1-hydroxy 4-pentadiène 1.3-al 5-anile [$C^{17}H^{17}O^3N^3S$, ClH], cristaux violet noir, obtenus en mélangeant une solution alcoolique de 6^g,5 de chlorhydrate d'aniline et 5^g de furfurol, et une solution alcoolique saturée de 9^g de (III), essorant le produit formé, le lavant au méthanol et à l'éther, et le séchant à basse température.

3° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NH-C^6H^4Cl_{(3)}$, ClH [$C^{17}H^{16}O^3N^3ClS$, ClH], cristaux brun violacé, préparés à partir de la 4-chloraniline; l'isomère obtenu avec la 3-chloraniline constitue des cristaux violet bleuté; la 3-bromaniline et la 4-bromaniline ont fourni des substances analogues, de formule $C^{17}H^{16}O^3N^3BrS$, ClH.

4° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NH-C^6H^4NO^2_{(4)}$, ClH ($C^{17}H^{16}O^5N^4S$, ClH), poudre violette, obtenue en partant de la 4-nitraniline; la 2-nitraniline et la 3-nitraniline fournissent des corps isomères; la 2-nitro 4-méthylaniline a donné le corps $C^{18}H^{18}O^5NS^4$, ClH, cristaux violet brillant ;

5° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NH-C^6H^4CH^3_{(2)}$, ClH ($C^{18}H^{19}O^3N^3S$, ClH), cristaux mordorés, obtenus en partant de la 2-toluidine; la 3-toluidine et la 4-toluidine ont donné des corps isomères;

6° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NH^2-C^6H^4OCH^3_{(2)}$, ClH ($C^{18}H^{19}O^4N^3SClH$), cristaux violet marron, à reflets mordorés, préparés à partir de la 2-anisidine, les 3 et 4-anisidines ayant réagi de même;

7° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NH-C^{10}H^7_{(\beta)}$, ClH ($C^{21}H^{19}O^3N^3S$, ClH), cristaux bronzés, obtenus à partir de la β-naphylamine; l'α-naphtylamine a fourni un isomère marron violet, et la 1-nitro 2-naphtylamine, de beaux cristaux violets de formule $C^{21}H^{18}O^5N^4S$, ClH;

8° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-N-CH-COH=CH-CH=CH-NH-C^6H^4_{(4)}-N=N-C^6H^5$, ClH ($C^{23}H^{21}O^3N^5SClH$), fins cristaux noirs préparés en partant du 4-aminoazobenzène; le 2-aminoazotoluène a fourni un corps analogue $C^{24}H^{23}O^3N^5S$, ClH ;

9° $SO^2NH^2-C^6H^4_{(4)}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NH-C^6H^3_{(4)}(OH)_{(4)}CO^2H_{(3)}$, ClH ($C^{18}H^{17}O^6N^3SClH$), cristaux marron violacé, obtenus à partir de l'acide 5-aminosalicylique;

10° $SO^2NH^2-\underset{(4)}{C^6H^4}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NH-\underset{(3)}{C^6H^4}-NH-CH=CH-CH$
$=COH-CH=N-\underset{(4)}{C^6H^4}-SO^2NH^2, 2ClH (C^{28}H^{28}O^6N^6S^2, 2ClH)$,
poudre noire à reflets violets, obtenue à partir de la métaphénylènediamine; la *p*-phénylènediamine a réagi de la même façon;

11° $SO^2NH^2-\underset{(4)}{C^6H^4}-N=CH-COH=CH-CH=CH-NH-C^6H^4-\underset{(4')}{C^6H^4}-NH-CH$
$=CH-CH=COH-CH=N-\underset{(4)}{C^6H^4}-SO^2NH^2, 2ClH (C^{34}H^{32}O^6N^6S^2, 2ClH)$,
poudre violet foncé, obtenue en partant de la benzidine;

12° $C^6H^5-NH-CH=CH-CH=COH-CH=N-\underset{(4)}{C^6H^4}-SO^2-\underset{(4')}{C^6H^4}-N=CH-COH$
$=CH-CH=CH-NHC^6H^5, 2ClH (C^{34}H^{30}O^4N^4S, 2ClH)$,
poudre noire à reflets mordorés, préparée à partir de l'aniline (2^{mol} du chlorhydrate), du furfurol (2^{mol}) et de (IV) (1^{mol}); en remplaçant l'aniline par la β-naphtylamine, on a un corps analogue, de formule $C^{42}H^{34}O^4N^4S$, 2ClH; les autres bases aromatiques réagissent de même; les polyamines (phénylènediamines etc.) fournissant des substances noires de constitution encore plus complexes;

13° $C^6H^5-NH-CH=CH-CH=COH-CH=N-\underset{(4)}{C^6H^4}-SO-\underset{(4')}{C^6H^4}-N=CH-COH$
$=CH-CH=CH-NHC^6H^5, 2ClH (C^{34}H^{30}O^3N^4S, 2ClH)$,
poudre brun noir à reflets mordorés, obtenue en partant de l'aniline (2^{mol}), du furfurol (2^{mol}) et de (IV) (1^{mol}); la β-naphtylamine a donné le corps correspondant $C^{42}H^{34}O^3N^4S$, 2ClH; les autres bases réagissent de même.

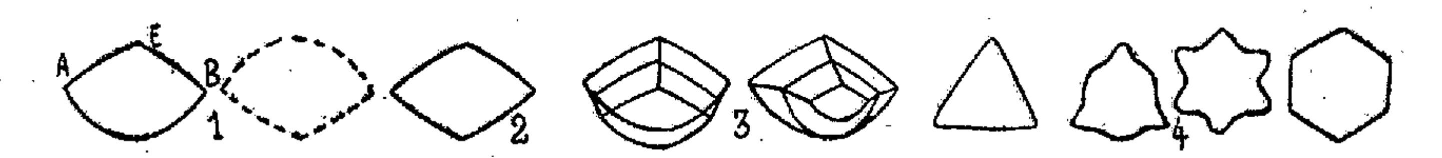
Ces corps, lorsqu'ils sont du type (II), sont modérément colorés, très peu solubles dans l'alcool, insolubles dans l'eau; s'ils sont du type (I), ils se dissolvent bien dans l'alcool en donnant des solutions intensément colorées du pourpre au violet et au bleu. La plupart d'entre eux agissent sur la streptococcie expérimentale, certains sur la colibacillose, d'autres, encore, sur la gonococcie, et sont presque tous moins toxiques que les corps de base (III), (IV) ou (V). Les résultats de leur étude biologique seront rapportés par M. Levaditi dans un autre Recueil, mais on peut déjà signaler que, par leur multiplicité et la facilité de leur synthèse, ces colorants polyméthiniques constituent une matière commode pour l'étude des relations entre la constitution et les propriétés chimiothérapiques.

MINÉRALOGIE. — *Action de l'acide fluorhydrique sur la muscovite.* Note de M. ROBERT DELAVAULT.

L'action de l'acide fluorhydrique bouillant sur la muscovite donne lieu à deux formes de corrosion essentiellement différentes; l'une, formant des empreintes creuses de forme régulière, est liée à la structure du réseau cristallin et à ses propriétés chimiques; l'autre, qui le désagrège de façon plus ou moins irrégulière, dépend très probablement de ses imperfections ou d'inclusions étrangères. L'acide froid, même en plusieurs jours, n'a pas d'action sensible, à moins de chauffer préalablement au rouge le mica. La dissolution par désagrégation procède surtout par les bords, le clivage perdant

de sa surface en ne diminuant que bien plus lentement d'épaisseur. Sur une belle muscovite homogène, le bord reculait de $0^{\text{mm}},03$ par minute, pour un amincissement de $0^{\text{mm}},002$. En général, on n'assiste pas à une décroissance régulière : il se forme à la surface, ou même dans la masse, des canaux qui peuvent y progresser à plus de $0^{\text{mm}},1$ par minute. Ils s'avancent et s'élargissent en restant parallèles au plan de clivage, et sans s'approfondir sensiblement perpendiculairement à ce plan. Cette forme brutale, et en général irrégulière de l'attaque, limite beaucoup la durée des expériences et le choix des échantillons.

Les figures de corrosion (*fig.* 1) sont plus allongées que celles de Baumhauer, obtenues par l'acide sulfurique et la fluorine ([1]). Leur nombre est très variable, de plusieurs centaines au millimètre carré à quelques-unes au centimètre carré. Vraisemblablement, leur point de départ est un vide préexistant, ou l'emplacement d'une inclusion dissoute au début de l'attaque. Pour les faire apparaître, il faut attaquer de quelques secondes à plus d'une minute. Ce délai n'est pas abrégé par un traitement de 30 minutes dans l'acide sulfurique chauffé à fumées ou l'acide chlorhydrique bouillant, et



1, 2, 3, Muscovite de Batizou-en-Lubersac (Corrèze);
4, Phlogopite de Burgess (Canada).

dépend donc plus probablement des dimensions d'une lacune initiale du mica que de la nature d'une inclusion hypothétique. Quoi qu'il en soit, elles atteignent d'emblée leur plus grande profondeur, qui n'augmente pas, et tend même à diminuer quand on réitère les attaques. Tout se passe comme si le plan de clivage était extrêmement résistant, surtout au fond des figures, la corrosion ne pouvant se développer que latéralement à partir de la lacune initiale : lacunes allongées parallèlement au plan de clivage pour les canaux, et perpendiculairement ou obliquement pour les figures de corrosion. On rencontre souvent, en effet, des figures obliques s'enfonçant dans toutes les directions (*fig.* 3); elles présentent souvent des paliers de moins en moins larges, et s'interprètent aisément si on les considère comme formées dans chaque plan par la figure plane élémentaire, centrée sur la trace de la lacune originelle du cristal. Leur existence ne correspond pas à une dissymétrie de réseau; les figures décrites par Wiik ([2]) sont probablement de cette sorte.

A ces attaques locales se superpose une attaque d'ensemble; on peut

(1) *Sitzber. Akad. München*, 4, 1874, p. 245.
(2) *Zeitsch. f. Kryst.*, 7, 1883, p. 187.

mesurer l'amincissement du clivage par la variation de la teinte d'interférence en lumière polarisée parallèle, entre nicols croisés; il varie d'un mica à un autre, et peut être inférieur à $0^{mm},002$ par minute. Au cours d'attaques répétées, cette attaque d'ensemble se manifeste par la disparition des figures les moins profondes, bien que le fond en soit aussi accessible au réactif que la surface environnante. L'amincissement du clivage est dû, en partie au moins, non à l'attaque directe du plan (001), mais à un phénomène accessoire, comme un effet d'angle au bord de la figure, qui ne se produirait pas sur le fond. Il est possible que le clivage soit criblé de figures de corrosion submicroscopiques, car certaines muscovites très attaquables donnent une surface bosselée, couverte de traces de figures empiétant les unes sur les autres.

On peut, bien que difficilement, suivre l'évolution de figures au cours d'attaques successives; leur vitesse de croissance, sensiblement constante sur un même mica, varie de 0,006 à $0^{mm},018$ par minute. L'attaque des bords d'un clivage de cristal isolé est du même ordre de grandeur.

En traitant 5 minutes à l'ébullition un mince clivage, on peut obtenir la combinaison des deux figures, formées simultanément à partir de la même lacune sur les faces supérieure et inférieure du clivage (*fig.* 1, traits pleins et pointillés); il ne subsiste que les côtés AE et EB, correspondant aux directions de plus forte attaque (*fig.* 2). Certaines muscovites ne présentent, au premier abord, que de telles figures; cela ne signifie pas qu'elles possèdent la symétrie quaternaire : il suffit qu'une mâcle ou un défaut du réseau permette la constitution, au fond de la figure, d'une surface libre débordant celle-ci, et à partir de laquelle l'attaque se développe dans l'autre sens. Une observation persévérante a toujours montré d'ailleurs la figure normale, au moins à quelques exemplaires. Les autres micas donnent des combinaisons semblables des figures des deux faces; la phlogopite en particulier fournit des transitions (*fig.* 4).

La formation des figures de corrosion de la muscovite est donc un phénomène se développant essentiellement dans un plan, par attaque latérale; l'aspect des figures des autres micas laisse penser qu'il en est de même pour eux, et qu'on se trouve en présence d'un cas particulièrement simple au point de vue de la cinétique chimique.

MYCOLOGIE. — *La sporogénèse chez les Basidiomycètes.* Note de M. G. **Malençon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

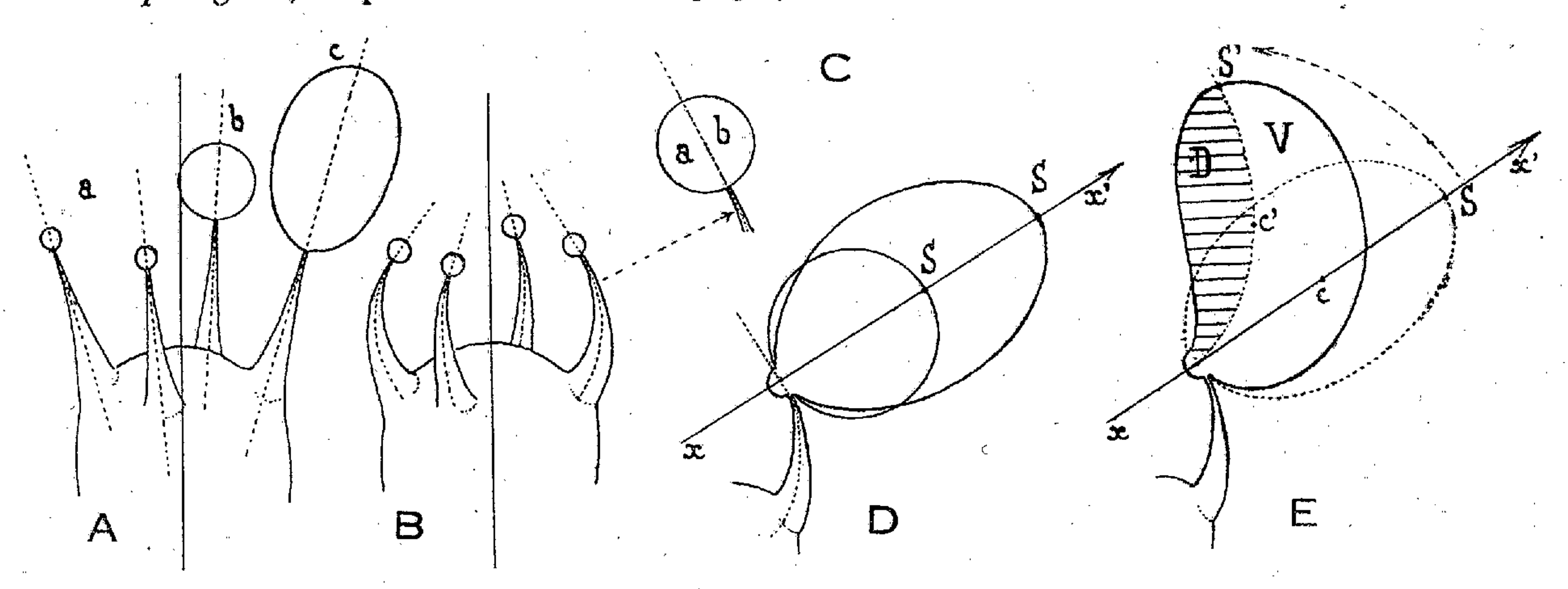
Reprenant nos recherches sur les spores des champignons supérieurs [1], nous avons étudié le processus de la sporogénèse chez les Basidiomycètes et

(1) G. Malençon, *Arch. de Bot.*, 3, 1929, pp. 121-139, pl. III; *Bull. Soc. Myc. Fr.*, 47, 1931, pp. 72-86, pl. IV; *Recueil de Travaux cryptogamiques dédiés à L. Mangin*, Paris, 1931, 20 p., pl. XXIX.

constaté, dans ce domaine, des différences essentielles entre les Hyménomycètes et les Angiocarpes.

Les lignes suivantes résument la partie de ces études ayant trait uniquement aux spores à forme simple, sur lesquelles s'appuie toute la morphogénie sporale des Basidiomycètes.

Quel que soit le groupe étudié, le stérigmate est toujours rigide, dressé en cône effilé au sommet de sa baside, au début de la sporulation. A sa pointe extrême, et orientée sur le même axe que lui, apparaît une sphère minuscule qui représente l'ébauche de la spore (*fig.* A, *a*); nous l'appellerons l'*apophyse sporogène*, ou plus brièvement, l'apophyse.



Cet état rudimentaire, par lequel passe toute basidiospore, offre, dans sa simplicité, l'intérêt capital de constituer la seule phase de la sporogénèse commune à la fois aux Angiocarpes et aux Hyménomycètes.

Au delà de ce premier état, les choses se poursuivent très simplement chez les Gastéromycètes. Le stérigmate demeure rigide, la spore conserve son orientation et continue à se développer comme elle est née, par dilatation de toutes ses parties, tel un ballon gonflé au moyen d'un chalumeau. Si le gonflement est homogène, la spore sera sphérique (*fig.* A, *b*); si un étirement longitudinal apparaît, elle sera ellipsoïde (*fig.* A, *c*). De toute façon, elle demeurera symétrique par rapport à l'axe prolongé de son stérigmate et en continuité exacte de ce dernier.

Les Angiocarpes présentent de ce fait le type sporal le plus simple qui soit, la sphère, et un autre qui en dérive immédiatement, l'ellipsoïde. Pour tous deux, la base à la fois géométrique et organique de la spore est marquée par le hile et le sommet par le pôle opposé.

Les Hyménomycètes montrent plus de complication. Chez eux, sitôt la phase toute primaire de l'apophyse, le stérigmate s'incurve en forme de corne vers l'axe de la baside (*fig.* B). L'apophyse étant alors envisagée dans cette nouvelle orientation, si l'on considère un plan passant par son hile et son

centre, et perpendiculaire à celui déterminé par ce même hile et l'axe de la baside, on la sépare en deux hémisphères dont l'un, *dorsal*, regarde l'axe de la baside (*fig.* C, *a*), et l'autre, *extérieur*, se tourne vers le dehors (*fig.* C, *b*).

En même temps que se produit l'inflexion du stérigmate, l'apophyse est le siège d'un autre phénomène. Sa dilatation, jusqu'ici homogène, suspend son cours; son hémisphère dorsal cesse de s'accroître, se stabilisant à sa taille minuscule, et *le développement se poursuit dès lors par l'hémisphère extérieur seul, dans une direction centrifuge perpendiculaire à celle observée jusque-là*. Par dilatation, la partie demeurée active, et qui va constituer en fait tout le volume de l'organe mûr, tend à son tour à reconstituer une sphère ou un ellipsoïde dont le nouveau sommet S, à mesure de l'accroissement, se déplacera en théorie sur la droite $x - x'$ (*fig.* D). Dans la réalité, un redressement sur la verticale, concomitant, se combine à ce déplacement rectiligne; si bien que, sous l'effet conjoint de ces deux mouvements, la trajectoire effective du sommet S se relève en une courbe qui correspond à l'axe déformé de la spore et vient aboutir en S', sommet organique de la basidiospore adulte redressée (*fig.* E). Celle-ci, du fait de sa cambrure, perd toute symétrie axiale, et seul un plan longitudinal peut désormais la diviser en deux portions identiques. Dans cette spore, le hile est formé de l'hémisphère dorsal de l'apophyse, dont nous avons signalé plus haut l'atrophie précoce.

La portion extérieure de la spore adulte, distendue dans le sens longitudinal par le redressement, forme la région ventrale et se dilate aussi transversalement. La partie opposée, qui au contraire se cambre, donne la région dorsale et demeure plus ou moins contractée. Ces deux régions, dont la coupe optique apparaît en V et en D sur notre figure E, représentent l'une et l'autre une moitié de sphère ou d'ellipsoïde déformée, suivant sa position, par distension ou par cambrure. Elles sont donc, en dépit de leur morphologie différente, *organiquement comparables*. De même, le point c', situé sur la trajectoire du sommet S' à mi-chemin entre lui et le hile, représente le *centre organique* de la spore mûre.

On a donc, chez les Hyménomycètes, un type sporal très particulier. La sphère et l'ellipsoïde en sont toujours les éléments constitutifs, mais des phénomènes d'atrophie, de désaxement, de redressement, compliquent et transforment de très bonne heure leur ontogénie, créant entre les spores de ces champignons et celles des Angiocarpes, une dissemblance profonde. Il est capital d'avoir toujours en vue cette différence et de ne pas se laisser abuser par des similitudes de formes, si troublantes puissent-elles sembler, en assimilant, par exemple, une spore désaxée *apparemment* sphérique ou ellipsoïde d'Hyménomycète, à une spore *réellement* sphérique ou ellipsoïde de Gastéromycète, qui reste symétrique par rapport à un axe. La méconnaissance de cette réalité peut en effet conduire à des erreurs graves en morphogénie, et plus encore en phylogénie.

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur quelques caractères chimiques des graines de Colza utilisables en vue de sélectionner les meilleures variétés.* Note de M. **Émile André** et de Mme **Madeleine Kogane-Charles**, présentée par M. Louis Blaringhem.

A l'heure actuelle, on se contente, d'une manière à peu près générale, d'apprécier la valeur d'une récolte de graines de Colza d'après le nombre de quintaux à l'hectare. Le nombre de quintaux d'huile produits dépend aussi de la proportion d'huile que contiennent les graines. Les données fournies dans divers ouvrages et publications techniques sont divergentes; on indique, pour la teneur en huile des graines de Colza, 30 à 45 %.

Nous avons dosé, par la méthode d'extraction à l'essence légère de pétrole, les lipides totaux contenus dans une série d'échantillons de graines récoltées en 1941 dans plusieurs régions de la France. Lorsque les échantillons étaient assez copieux, nous avons séparé mécaniquement des graines en grosses, moyennes et petites et déterminé le poids de l'hectolitre de chacune des catégories.

Origine des graines (1941). — 1. Flandre française; 2. Normandie; 3. Anjou; 4. Département de la Gironde; 5. Fourniture commerciale Vilmorin.

Variétés.	Calibre des graines.	Poids de l'hectol. (en kg).	Teneur en huile (%).	Indice d'iode de l'huile (Hanus).
1. Colza d'hiver ordinaire	grosses	70,4	44,8	95,3
	moyennes	71,6	44,4	97,4
	petites	72,6	38,7	99,8
2. Colza d'hiver (Parapluie)	grosses	69,4	41,0	99,9
	moyennes	72,2	39,1	99,8
	petites	73,7	37,2	102,4
3. Colza d'hiver ordinaire	graines tout venant	72,0	38,9	96,0
4. Colza d'hiver ordinaire	grosses	70,2	38,5	–
	moyennes	71,8	37,2	–
	petites	73,2	31,8	–
5. Colza de printemps (Koubja de Russie)	grosses	66,5	42,1	94,4
	moyennes	67,8	41,5	97,1
	petites	68,0	37,2	98,6

Des données qui figurent dans le précédent tableau, il résulte :

1° que les graines de Colza récoltées dans les Flandres sont plus riches que celles qui proviennent des autres régions de France. Cette particularité avantageuse est-elle due aux conditions de terroir et de climat ou à l'existence de

variétés plus particulièrement oléifères? Les recherches des génétistes pourront permettre de répondre à cette question;

2° qu'il existe pour les trois catégories de graines, provenant d'une même récolte, une relation entre le calibre, le poids de l'hectolitre et la teneur en huile. Les graines les plus grosses sont celles dont l'hectolitre a le plus faible poids et dont la teneur en huile est la plus grande.

Qualité de l'huile. — C'est surtout comme lubrifiant destiné à remplacer les huiles minérales de graissage que l'huile de Colza est actuellement recherchée; très précieuse pour cet usage, elle présente cependant l'inconvénient de contenir une proportion relativement importante de glycérides, dans lesquelles l'acide linoléique estérifie au moins une des trois fonctions alcool du glycérol. Ces composés possèdent des propriétés siccatives qui provoquent à la longue le gommage des boîtes de graissage et des pièces lubrifiées.

Il s'ensuit qu'il convient de donner la préférence aux huiles de Colza dont l'indice d'iode est le plus faible. Nous avons fait un certain nombre de déterminations par la méthode de Hanus; les résultats figurent dans la dernière colonne du précédent tableau et montrent que les grosses graines fournissent en général une huile d'indice d'iode un peu inférieur. Nous avons d'autre part examiné une huile de Colza de Normandie provenant d'une huilerie de Fécamp; son indice d'iode était de 109; pour une autre huile du commerce, Foyn ([1]) a signalé une valeur de 118; de semblables produits ne doivent pas être utilisés pour le graissage.

Qualité du tourteau. — Il est bien connu que le sous-produit restant, après extraction de l'huile, contient un glucoside qui dégage, au contact de l'eau et sous l'action d'un ferment, de l'isosulfocyanate de crotonyle; cette essence rubéfiante déprécie beaucoup le tourteau de Colza comme aliment du bétail. Les résultats obtenus par nous en opérant le dosage du crotonylsénevol sur cinq échantillons de graines nous ont montré qu'il existe des graines moins rubéfiantes que d'autres. Le Colza d'hiver ordinaire de la Gironde a donné 0,090 % de crotonylsénevol, tandis que la même variété originaire d'Anjou en a donné 0,181, soit une différence du simple au double. Il y a intérêt à sélectionner les variétés à graines douces.

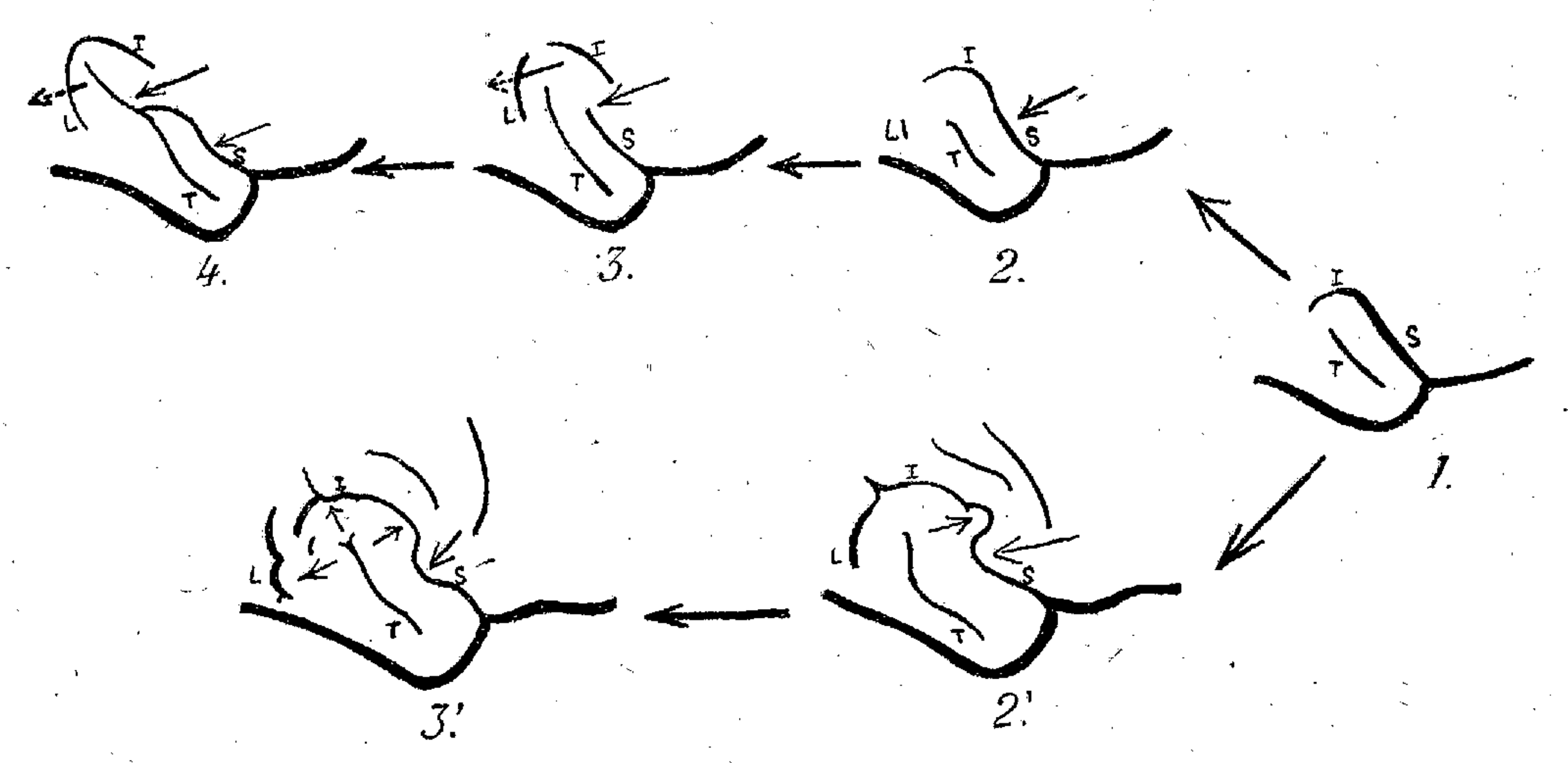
En résumé les caractères chimiques susceptibles d'orienter les travaux d'amélioration des graines de Colza sont : la haute teneur en huile, la faible siccativité de l'huile et la faible teneur des graines en glucoside à sénevol. L'ambition de concentrer ces trois caractères sur une même variété sera difficile à réaliser; en tous cas leur connaissance servira à classer les variétés suivant la prépondérance de l'un ou de l'autre d'entre eux pour l'usage.

([1]) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 8e série, 13, 1931, p. 465.

ANATOMIE COMPARÉE. — *L'évolution du lobe pariétal du cerveau chez les Singes américains.* Note de M. **Jean Anthony**, présentée par M. Louis Fage.

Les travaux de Cunningham, G. Elliot Smith, N. W. Ingalls, C. U. Ariens Kappers, R. Anthony, J. C. Connolly sur le cerveau des Primates donnent des indications assez sommaires sur le développement du lobe pariétal; ils signalent notamment l'antagonisme entre ce lobe et le lobe occipital, et l'operculisation qui en résulte dans certains cas.

Sur une série de 80 cerveaux de Singes d'Amérique, comprenant les genres *Hapale*, *Midas*, *Chrysothrix*, *Nyctipithecus*, *Callithrix*, *Mycetes*, *Pithecia*, *Brachyurus*, *Cebus*, *Lagothrix*, *Eriodes*, *Ateles*, j'ai étudié la complication progres-



Les transformations du complexe pariétal chez les Singes d'Amérique.
1, *Chrysothrix*, *Nyctipithecus*. — 2, *Callithrix*, *Mycetes*. — 3, *Pithecia*, *Brachyurus*. 4, *Cebus*. — 2', *Lagothrix*. — 3', *Ateles*.
S, scissure sylvienne; T, sillon parallèle; I, sillon intrapariétal; L, *sulcus lunatus*.

sive des sillons pariétaux depuis l'Hapale et le Midas, à cerveaux à peu près lisses, jusqu'à l'*Ateles*, qui réalise le type le plus évolué. J'ai pu ainsi mettre au point un aspect nouveau du mécanisme de différenciation du lobe pariétal.

Les cerveaux d'*Havale* et de *Midas* ne présentent à la face externe de la région correspondante, que deux sillons, la scissure de Sylvius et le sillon parallèle; un stade plus complexe est celui du *Chrysothrix*, où apparaît un sillon intrapariétal qui prolonge, en apparence, la scissure sylvienne ici à peu près rectiligne; la disposition ainsi réalisée forme un type de base à partir duquel on note deux modes d'évolution opposés :

1° Évolution vers un amoindrissement du lobe pariétal à la surface de l'hémisphère sous les poussées convergentes des lobes frontal et occipital. Parallèlement au refoulement progressif, en arrière de la scissure de Sylvius, apparaît et se développe le *sulcus lunatus*, témoin de l'operculisation occipitale.

Le stade ultime de ce processus est réalisé chez le *Cebus*, où la scissure sylvienne est refoulée à son extrémité postérieure jusqu'au sillon parallèle, tandis que la partie postérieure du lobe pariétal est operculisée au maximum par le développement du lobe occipital. Les stades intermédiaires sont observés chez le *Callithrix*, le *Mycetes*, le *Pithecia*, le *Brachyurus*; pour ne pas multiplier les figures, ces quatre types ont été confondus deux à deux sur le schéma ci-contre; dans la réalité la superposition, toujours possible, n'est jamais cependant aussi rigoureuse ainsi qu'il est bien naturel de le penser.

2° Évolution vers une extension du lobe pariétal à la surface de l'hémisphère. Ici, loin de se réduire, le lobe tend à s'étaler à la surface du cerveau, en produisant à partir de son centre des sillons qu'on peut le plus souvent ramener à des fragments de cercles concentriques. Réalisé chez l'*Ateles*, le stade ultime est caractérisé par une résistance maximum à la pression des lobes frontal et occipital : en avant, la scissure sylvienne et le sillon intrapariétal restent solidaires; en arrière, l'operculisation est réduite au minimum. Le *Lagothrix* et l'*Eriodes* réalisent deux stades intermédiaires de cette évolution.

Quant à la face interne du lobe pariétal, toujours moins étendue et moins bien limitée, on constate que dans le premier processus, elle se différencie progressivement, à mesure que l'externe s'amoindrit; ceci est attesté notamment par l'obliquité de plus en plus importante en bas et en arrière de la fissure pariéto-occipitale. L'inverse se produit dans le second processus, en ce qui concerne tout au moins les plis de passage pariéto-occipitaux.

Ainsi, chez les Singes d'Amérique, et à partir d'un type primitif, on observe deux séries opposées, dont l'une aboutit à un développement superficiel minimum, l'autre à un développement superficiel maximum de la face externe du lobe pariétal; la face interne présente un développement complémentaire. Toutes les espèces étudiées se laissent ranger dans ces deux groupes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le molybdène chez les animaux.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Mettant à profit les échantillons animaux que j'avais utilisés pour la détermination qualitative et quantitative du vanadium [1], j'y ai recherché et dosé aussi le molybdène, de façon à étendre nos connaissances sur la répartition de cet élément dans la nature vivante. C'est à l'important travail de Ter Meulen que nous devons les premières notions quantitatives sur le molybdène dans l'organisme animal [2]; la technique suivie par ce savant est assez longue et pénible, exige des prises d'essai élevées (de 1 à plusieurs kilogrammes) et n'a

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 150.

(2) Les détails et les indications bibliographiques complètes seront donnés dans une autre publication.

pu, en conséquence, porter que sur un nombre restreint d'animaux ou d'organes. J'ai utilisé la méthode que j'avais mise au point pour les végétaux et pour la terre arable ([3]), avec cette différence que la matière organique a été détruite non par calcination, mais par voie humide (mélange sulfonitroperchlorique); ce procédé ne donne pas lieu non plus à des pertes de métal et il est plus rapide avec les substances animales que la calcination. Les prises d'essai (sauf pour *Plumatella fungosa*, heureusement très riche) ont été de 50 à 60^g de matière séchée à 105°. Les précautions prises pour le choix et le nettoyage des échantillons ont été les mêmes que pour la recherche du vanadium ([1]). La limite inférieure de sensibilité reste, comme pour le cas du molybdène chez les plantes, de 0^{mg},002 de métal pour 100^g de matière sèche. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Invertébrés.	Mat. sèche %.	Mo en mg : k.
Spongiaires		
Ficulina ficus	20,0	1,3
Cœlentérés		
Cnidaires. Anémone de mer (*Anemonia sulcata*)	20,2	0,7
Échinodermes		
Stellérides. Etoile de mer (*Asterias manthasterias glacialis*) 1 ex. mant. seul	43,2	1,1
animal sans manteau	25,0	4,7
Échinides. Oursin (*Paracentrotus lividus*), sans squelette; 24 ex.	12,5	1,1
Holothurides. Holothurie (*Cucumaria lefevrei*)	18,2	2,3
Bryozoaires		
Phylactomides. *Plumatella fungosa*	–	136
Annélides		
Polychètes. *Perinereis cultrifera*, 145 ex.	24,6	1,6
Ver de sable (*Arenicola marine*), 38 ex.	13,5	3,5
Mollusques		
Gastéropodes prosobranches. Patelle (*Patella vulgata*), sans coquille, 20 ex.	26,1	1,1
Gastéropodes pulmonés. Escargot de jardin (*Helix pomatia*), sans coquille, 31 ex.	13,4	3,7
Céphalopodes. Calmar (*Loligo*), 1 ex.	22,8	0,3
Lamellibranches. Moules (sans coquille), 276 ex.	24,9	13,4
» Gryphées » 50 »	9,7	2,0
Arthropodes		
Crustacés. Crabe (*Carcinus mænas*), entiers, 10 ex.	32,8	0,6
» Anatife (*Lepas anatifera*) entiers	42,8	0,5
Hexapodes. Crysalides de ver à soie, 150 ex.	–	1,5
» Abeille domestique, 2160 ex.	31,2	0,7

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 1676.

	Mat. sèche %.	Mo en mg : k.
Invertébrés (*suite*).		
Prochordés		
Tuniciers. Ascidia mentula, tunique seule	–	5,0
» animal sans tunique	–	740
» animal entier	–	25
Molgulidæ, Pyuridæ, Styelidæ, Botryllidæ, Polycitoridæ, Didemnidæ, Polyclinidæ	–	5,6 à 38,4
Vertébrés.		
Poissons		
Ovaires de carpe	–	0,53
Roussette, 1 ex.	23,6	1,1
Rouget grondin, 1 ex.	28,0	0,85
Merlan, 5 ex.	22,5	1,3
Dorade, 1/2 ex.	24,2	6,0
Batraciens		
Crapaud (*Bufo bufo*), 6 ex.	21,6	0,7
Reptiles		
Couleuvre à collier, 1 ex.	23,4	0,45
Oiseaux		
Pélican d'Afrique. Muscles pectoraux	22,2	0,5
Cormoran. Muscles pectoraux	25,0	1,2
» Foie	22,7	4,1
Mammifères		
Chien. Rein, 4 ex.	24,8	1,4
» Pancréas, 3 ex.	38,2	0,3
» Sang	18,9	0,7
» Foie	18,9	1,6
Cerf de Sibérie. Foie	23,8	2,4
Souris blanche, 7 ex.	33,4	1,2
Surmulot	36,4	0,6

Conclusions. — Le molybdène a été trouvé dans tous les cas, confirmant et étendant ainsi les quelques résultats connus. Si l'on met à part certaines Ascidies et *Plumatella fungosa*, remarquablement riches, les chiffres varient de 0,3 à 13^{mg},4 de métal par kg sec; ce dernier chiffre, trouvé chez la Moule, est déjà exceptionnel; la moyenne reste alors de l'ordre de 2^{mg} chez les Invertébrés et de 0,8 chez les Vertébrés analysés; pour ces derniers, conformément à la remarque de Ter Meulen et à un fait d'ordre général pour les oligoéléments, le foie est parmi les organes relativement les plus riches.

La séance est levée à 15^{h}50^{m}.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 21 DÉCEMBRE 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

En ouvrant la séance, M. **Ernest Esclangon** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

L'année qui touche à sa fin, année si fortement remplie par les rumeurs du Monde, a apporté dans notre Compagnie son lot normal de deuils.

Les pertes que nous avons eu à déplorer, bien que toujours trop nombreuses, ne dépassent pas, cependant, le chiffre moyen inexorablement fixé par les lois de la probabilité, qui, hélas, s'appliquent aussi à la vie humaine.

Ce chiffre ne semble avoir été que peu influencé par les événements si exceptionnellement dramatiques que nous avons été appelés à vivre et dont notre pensée n'a cessé d'être pleine.

Deux Membres titulaires parmi les plus éminents, trois Associés étrangers, huit Correspondants, telles sont les pertes que nous avons éprouvées en 1942.

La coutume veut que le Président de l'Académie, en une séance exceptionnelle de fin d'année, rende un pieux hommage à la mémoire des illustres disparus, sorte d'étape solennelle dans la commémoration de leur souvenir.

Ce devoir, je suis appelé à l'honneur de le remplir aujourd'hui; je le fais avec la haute satisfaction de pouvoir remettre en lumière les mérites élevés de ceux dont nous honorons la mémoire.

Dans la Section de Physique, c'est Jean Perrin, physicien illustre, dont nous apprenions subitement la mort, survenue à New York dans la nuit du 16 au 17 avril dernier. Perrin était âgé de 72 ans. Il est mort en terre lointaine. Du moins a-t-il eu la consolation d'être assisté par son fils Francis Perrin dont la présence et l'affection ont dû contribuer à adoucir ses dernières souffrances et l'angoisse que lui causait l'éloignement de son pays.

C'est une bien grande perte pour la Science que celle de Jean Perrin. C'était un vrai savant au sens profond du mot. En dehors de la passion qu'il mettait dans la recherche scientifique, de la sûreté d'intuition apportée dans les problèmes qu'il se posait et qu'il abordait, il avait le don de savoir s'attacher des collaborateurs entièrement dévoués et dont il faisait ses amis. Auprès de lui, la Science était souriante et pleine d'attraits. Avec lui, jamais

de discussions solennelles; il n'était que sourires; les choses les plus graves prenaient un air léger et il coupait les explications les plus abstraites de mots d'esprit qui donnaient aux conversations un ton d'optimiste gaîté. Au demeurant, compagnon agréable, bienveillant et plein d'indulgence.

Les découvertes qu'il a faites marquent une étape de la Physique. Son travail magistral sur les rayons cathodiques est à l'origine de la notion si féconde d'électron. Ses recherches sur le mouvement brownien ont montré et prouvé l'existence des molécules; elles ont permis d'en mesurer la petitesse, et de conduire à une détermination de ce nombre d'Avogadro qui joue un rôle si important dans la Physique moléculaire. Toutes ces données dominent la Physique moderne à laquelle Perrin a apporté ainsi une contribution exceptionnelle qui lui valut le prix Nobel.

Perrin a été un grand savant, un novateur et un homme charmant.

La Section d'Anatomie et Zoologie perdait Paul Marchal qui, après une longue maladie, mourait à Paris, le 3 mars 1942, à l'âge de 80 ans. Depuis de longs mois déjà, miné par le mal qui devait le terrasser, il avait déserté nos séances, mais sa claire intelligence était restée intacte et s'appliquait à pénétrer le secret de ses propres souffrances.

Marchal était un modeste et un timide, un penseur, comme le sont souvent les timides, qui ne trouvent une entière satisfaction qu'en tête à tête avec eux-mêmes. Sous cette réserve et cette modestie, qui étaient le trait dominant de son caractère, il cachait un esprit d'une incomparable et féconde activité. Les travaux mémorables qui ont marqué le cours de sa longue carrière en sont l'éclatant témoignage.

Ses premiers travaux, qui datent de cinquante ans, le signalent déjà comme un observateur exceptionnel : Il soutient une thèse de médecine, mais thèse qui sort de la banalité courante. Puis il soutient une thèse de doctorat ès sciences, sur l'anatomie des organes excréteurs des crustacés.

Parmi les innombrables travaux qu'il a produits ultérieurement, tous remarquables, il en est un qui constitua, en son temps, une découverte sensationnelle concernant le mystère entourant la reproduction d'un petit Hyménoptère, l'Ageniaspis, parasite d'une chenille, l'Hyponomente du fusain sauvage. Dans l'œuf nouvellement pondu par le papillon de la chenille, la chenille l'Ageniaspis dépose elle-même un œuf. L'évolution de ce dernier présente des circonstances étranges. Au lieu de se développer pour donner naissance à une larve, il commence par proliférer en cellules banales, puis, et cela est infiniment singulier, il se divise en plusieurs centaines de morceaux, dont chacun donnera un embryon indépendant et, finalement, un insecte parfait. Tous les insectes, issus ainsi d'un œuf unique, sont du même sexe, femelle ou mâle, suivant que l'œuf a été fécondé ou non. Cette découverte eut, à l'époque, un très grand retentissement et ouvrit à Marchal les portes de l'Académie des Sciences.

En dehors des recherches d'entomologie pure, Marchal a appliqué les connaissances étendues et profondes qu'il avait en Biologie, à des problèmes d'économie agricole attachés aux rôles des insectes. C'est lui qui eut l'idée d'aller chercher aux États-Unis et en Australie, pour les acclimater chez nous, des insectes capables de détruire d'autres insectes auteurs de ravages considérables. Par cela même, et pour bien d'autres raisons encore, Marchal a rendu d'incomparables services à l'Agriculture, indépendamment de ceux qu'il avait rendus à la Science par les découvertes si remarquables engendrées par son génie.

Parmi les Associés étrangers, nous avons eu à déplorer la perte de Sir Joseph John Thomson, mort le 30 août 1940, à l'âge de 84 ans.

J. J. Thomson a été pendant de longues années professeur de Physique expérimentale et directeur du Laboratoire Cavendish à Cambridge, professeur de Philosophie naturelle à l'Institution Royale de Londres.

J. J. Thomson est un bien grand nom dans le monde de la Physique. Il est à l'origine des conceptions modernes sur l'électricité. Élève de Maxwell, auquel il avait succédé, Thomson s'était d'abord engagé dans la voie tracée par son illustre maître, mais, en même temps que théoricien consommé, il était expérimentateur habile. En 1880, il entreprenait la délicate mesure du rapport fondamental entre les unités électromagnétiques et électrostatiques. Puis il s'attache à l'étude de la décharge électrique à travers les gaz, dont il compare les effets à celui d'une électrolyse. Le sujet était nouveau à cette époque. Les expériences de Perrin sur les rayons cathodiques, la propriété que possèdent les rayons X de rendre les gaz conducteurs, enfin la condensation de la vapeur d'eau par les gaz électrisés, on dit aujourd'hui ionisés, modifient son point de vue. Il mesure le rapport e/m de la charge à la masse, et montre que ce rapport est invariable, indépendant de la cathode et du gaz traversé, que les corpuscules cathodiques, nous disons aujourd'hui les électrons, sont, partout et toujours, identiques à eux-mêmes. Il montre enfin que la masse apparente d'un corps électrisé en mouvement comprend deux parties, une masse mécanique et une masse d'origine électromagnétique, conception d'ailleurs modifiée par les théories actuelles.

On ne saurait énumérer ici les innombrables travaux de J. J. Thomson, tant expérimentaux que théoriques; ils sont à la base de l'électronique moderne. Au surplus, il a formé de nombreux élèves, aujourd'hui des Maîtres et qui, inspirés par ses travaux, ont continué, d'une manière féconde, l'œuvre considérable accomplie avec tant de succès au cours de sa longue carrière.

L'Académie a perdu, au début de l'année, plus exactement à la fin de l'année 1941, un Associé étranger également éminent, mathématicien célèbre, Tullio Levi-Civita, mort à Rome, le 29 décembre 1941, à l'âge de 68 ans.

La nouvelle de sa mort, en raison des circonstances, ne nous était parvenue qu'avec un très long retard.

La renommée de Levi-Civita a gagné le monde entier. Son œuvre est considérable; elle s'applique à tous les domaines en lesquels interviennent les recherches mathématiques; Mathématiques pures d'abord, puis la Mécanique, l'Hydrodynamique, la Physique mathématique et même l'Astronomie.

En tous ces travaux, il a témoigné d'une puissance de pénétration exceptionnelle. Certains problèmes, comme celui des mouvements spontanés, qui avaient excité en vain la sagacité de mathématiciens éminents, ont été résolus entièrement par lui. Il en est de même de la théorie du sillage qui, jusque-là, révélait un profond désaccord avec l'expérience; de même encore, l'étude des ondes périodiques irrotationnelles, dont l'existence avait été mise en doute.

Levi-Civita a joué un rôle considérable dans l'histoire du calcul différentiel absolu, dont les applications se sont montrées si étendues et si fécondes, notamment dans la théorie de la relativité générale en laquelle il a apporté une contribution personnelle très importante.

Dans toutes ses publications, en dehors de la profondeur des vues qui s'y révèlent, on y admire de remarquables qualités de clarté et d'élégante exposition.

Le monde savant lui avait, en maintes circonstances, témoigné son admiration et sa haute estime. Il était Membre de nombreuses Académies étrangères, et, en 1937, il fut nommé Membre de l'Académie Pontificale internationale, que le Pape Pie XI venait de créer.

L'œuvre de Levi-Civita a suscité partout d'innombrables travaux. Il était vénéré de ses élèves. A ses éminents mérites de savant il joignait, en effet, de précieuses qualités d'homme, qui lui attiraient l'affection et l'unanime sympathie de ceux qui l'approchaient.

Toujours parmi les Associés étrangers, nous avons vu disparaître, en 1942, Sir William Bragg, mort le 12 mars 1942, à l'âge de 80 ans. Au début de sa carrière, il avait été professeur de Mathématiques en Australie, puis professeur à l'University College de Londres. Depuis 1923, il était Directeur du Davy Faraday Laboratory de la « Royal Institution ».

Le nom de Bragg est étroitement lié à l'étude moléculaire des cristaux, en laquelle il s'est montré un initiateur remarquable et a conquis, ainsi, une des premières places parmi les physiciens de notre époque. C'est par le passage des rayons X à travers les cristaux qu'on a pu étudier à la fois et les rayons X et les cristaux, et, dans cette étude, William Bragg a tenu une place de Maître. Toute la spectrographie des rayons X est sortie des expériences et des théories de William Bragg, comme en sont sorties les méthodes d'étude de la structure des cristaux. Parmi les résultats obtenus, citons celui d'après lequel les sommets du réseau correspondant à un cristal sont occupés, non par des molécules

complètes, mais par leurs constituants atomiques, qui se distribuent ainsi suivant des réseaux identiques, mais géométriquement distincts et imbriqués les uns dans les autres.

Le nom de Bragg domine, de haut, toutes les recherches modernes sur la structure des cristaux. Son œuvre, capitale en ces recherches, est continuée, avec le plus grand succès, par son fils W. L. Bragg, en lequel il avait trouvé, de son vivant, le plus actif et le plus éclairé des collaborateurs.

La Section d'Astronomie a perdu un de ses Correspondants, Edmond Rothé, Professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, mort à Lezoux (Puy-de-Dôme), le 28 août, à l'âge de 69 ans. Il fut successivement Maître de Conférences à Grenoble, Professeur à Nancy, puis à Strasbourg, en 1919.

Rothé fut un homme incomparable d'activité. Il a travaillé, avec un grand succès, dans diverses branches de la Science.

Ses premiers travaux concernent l'Optique. Mais, de bonne heure, il se tourna vers l'Aérologie et la T. S. F., à l'époque où ces sciences étaient encore nouvelles. Pendant la guerre de 1914-1918, il fut un des collaborateurs du Général Ferrié à la télégraphie militaire.

En 1919, il devint Professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, chargé de la direction de l'Institut de Physique du Globe et du Service météorologique d'Alsace et de Lorraine. Dans ces fonctions, où s'imposait une œuvre d'organisation, Rothé a dépensé des efforts considérables et féconds. En Séismologie, notamment, il a systématisé l'étude des tremblements de terre en France. Il a joué un rôle plus large encore, comme Secrétaire général de l'Association Internationale de Séismologie et Directeur du Bureau Séismologique international.

Ses qualités d'administrateur ne le cédaient en rien à celles de savant et de chercheur. Très estimé de ses collègues, il avait été élu par eux doyen de la Faculté des sciences. Évacué de Strasbourg en 1940, il fut alors privé de ses moyens de travail, ce qui, joint à la tristesse des événements, a, peut-être, contribué à abréger ses jours.

Dans la Section de Physique générale, nous avons eu à déplorer la mort de Émile Mathias, mort à Clermont-Ferrand, le 7 mars 1942, à l'âge de 81 ans. Mathias était Correspondant de l'Académie depuis 1919.

Mathias avait débuté dans la Science par des travaux sur les gaz liquéfiés, mais s'adonnait bientôt à des recherches d'ordre très différent.

Maître de Conférences à la Faculté des sciences de Toulouse, en 1891, où il devait devenir Professeur titulaire en 1895, il est chargé, en 1893, du service magnétique de l'Observatoire de Toulouse; il reprend alors un travail d'ensemble sur les mesures magnétiques et leur représentation normale. Il s'intéressa, aussi, à la Météorologie et, en 1910, il fut nommé Directeur de

l'Observatoire du Puy de Dôme et Professeur à la Faculté de Clermont. Son activité se porta dès lors sur la Physique du Globe. Tout ce qui s'attachait à cette science l'intéressait à un haut degré; le Magnétisme terrestre, l'Électricité atmosphérique, les régimes de pluie absorbent plus particulièrement ses efforts. Il publia sur la foudre de nombreux et sensationnels Mémoires. Pendant la guerre de 1914-1918, il organisa à l'Observatoire de la Plaine, qu'il avait créé, près de Clermont-Ferrand, un hôpital auquel Mme Mathias et lui-même, douloureusement frappés par la mort de leur fils, aux armées, apportèrent un pieux dévouement. Mathias était un homme de cœur, à l'esprit prompt, travailleur infatigable. Passionné pour le travail et l'organisation scientifique, il continua, jusqu'à ses derniers jours et dans sa retraite, le labeur persévérant qui fut la règle de sa vie.

La Section de Physique générale a perdu un autre de ses Correspondants parmi les plus éminents, Charles Eugène Guye, Professeur de Physique à l'Université de Genève, décédé à Genève le 15 juillet dernier, à l'âge de 76 ans.

Guye avait fait ses études à Genève, où s'est poursuivie pour ainsi dire toute sa carrière. Il fut quelque temps doyen de la Faculté des sciences. Guye aimait à publier dans nos *Comptes rendus*, qui contiennent un très grand nombre de Notes de lui, sur les sujets les plus divers, notamment sur l'étude des courants alternatifs, sur les arcs électriques, les potentiels explosifs etc.

Mais les travaux les plus célèbres de Guye sont ceux qu'il consacra à la vérification, proposée par Lorentz, pour représenter la masse de l'électron en fonction de la vitesse. On était alors en 1905. La relativité n'avait pas encore pénétré dans le public, mais elle excitait beaucoup l'ardeur des savants. On pensait, en mesurant la variation de masse de l'électron avec la vitesse, pouvoir décider si cette masse est, ou non, d'origine électromagnétique. On avait proposé diverses formules pour exprimer cette variation, mais les expériences se montraient très peu concluantes. Guye, à la suite d'expériences très longues et délicates, trancha la question et vérifia la formule de Lorentz. C'était là une très grosse question dont la solution fit époque dans l'histoire de l'électronique.

Guye était un esprit très cultivé, à tendances philosophiques. Il aimait beaucoup la France et sa culture était essentiellement française. Il avait été très sensible à sa nomination de *Docteur honoris causa* de l'Université de Paris, et à celle de Correspondant de notre Académie. Cette affection pour la France, il l'a hautement témoignée en faisant à l'Académie un legs important destiné à la création de divers prix.

La Section de Chimie a perdu Sir Robert Hadfield, mort le 1er octobre 1940, à l'âge de 84 ans. Il avait été élu Correspondant le 4 juin 1923.

Hadfield était un des métallurgistes les plus connus. Spécialisé dans la fabrication des aciers moulés, Directeur de la Heclaworks à Sheffield, son usine occupait plus de 15000 ouvriers. Il était le principal fournisseur de projectiles de la Marine anglaise. Mais il devait sa grande réputation à ses travaux scientifiques plus encore qu'à sa haute situation dans l'Industrie. Ses travaux sur la constitution des alliages de fer sont classiques. C'est Hadfield qui découvrit et réalisa, en 1888, l'acier au manganèse, métal jouissant de propriétés singulières et si précieuses dans les applications, notamment sa résistance à l'usure, la facilité de sa soudure, son extraordinaire malléabilité après la trempe, à l'inverse des aciers ordinaires. Hadfield a étudié, de même, les aciers au nickel, au chrome, au tungstène, au silicium, tous très importants par leurs applications.

La caractéristique du génie de Hadfield est qu'il a fait une part, très considérable, à l'intervention du laboratoire dans le travail et la production de l'Industrie. A ce titre il a fait réaliser à l'industrie métallurgique de très grands progrès, qui ont eu leur répercussion dans des domaines particulièrement étendus de l'économie sociale.

La Section d'Économie rurale a eu à déplorer la mort de François-Xavier Lesbre, mort à Lyon, le 26 janvier 1942, à l'âge de 84 ans. Il était ancien Directeur de l'École Nationale vétérinaire de Lyon.

Dès son enfance, Lesbre s'était intéressé à l'Agriculture et surtout aux questions d'élevage des animaux. C'est ce qui orienta le choix de sa carrière et il entra à l'École vétérinaire de Lyon. La Physiologie générale et l'Anatomie accaparèrent son esprit. Il fut un travailleur consciencieux autant qu'assidu. Il collabora, avec Chauveau et Arloing, à la rédaction d'un magistral et célèbre *Traité d'anatomie comparée des animaux domestiques*. Il est l'auteur de nombreux ouvrages qui font autorité. On peut citer son *Traité de Tératologie de l'Homme et des animaux domestiques*, son *Précis d'anatomie du pied du cheval et de sa ferrure*, son *Anatomie des Camélidés*, etc., etc.

L'âge ne diminua ni sa passion pour l'étude, ni son ardeur au travail, ni son enthousiasme pour les études de son choix. A la veille de sa retraite, son activité était aussi grande que lorsqu'il débutait comme préparateur. Dans une spécialité un peu ingrate, il s'est révélé comme un Maître éminent en y apportant des idées neuves et originales.

Dans cette même Section d'Économie rurale, l'Académie a perdu, parmi ses Correspondants, Henri Lagatu, mort à Montpellier, le 31 janvier 1942, à l'âge de 80 ans. Ingénieur agronome, il avait été Directeur de la Station de Recherches agronomiques de Montpellier. Il était Membre de l'Académie d'Agriculture.

Breton d'origine, il fit ses études à Bordeaux et, s'orientant vers les sciences

biologiques, il devint ingénieur agronome, ingénieur éminent et Professeur de chimie à l'École nationale d'Agriculture de Montpellier. Il devait occuper cette chaire pendant 38 ans.

Lagatu était un analyste; son laboratoire était, en effet, chargé d'un service très lourd d'analyses agricoles. Il publie un *Guide pour l'analyse des terres*, où se manifeste un sens aigu des facteurs à considérer dans l'exploitation du sol; les relations logiques entre sa constitution chimique, la nature des cultures et celle des engrais à employer. Son livre, sur la *Fumure intensive de la vigne*, donne l'expression de toute sa pensée sur ce point. Il a introduit dans le chimisme végétal la notion de « diagnostic foliaire » qu'il a appliquée avec le Professeur Maume à la Vigne et à la Pomme de terre, idée originale qui a donné lieu à quelques controverses, mais concept dont l'utilité a été finalement reconnue.

Lagatu témoignait enfin de tendances philosophiques. Dans son Cours de Chimie, il abordait le problème général de la connaissance, la nécessité de la méthode et les relations entre l'expérience et les théories rationnelles.

En Lagatu a disparu un Maître d'esprit élevé et un homme de cœur.

La Section d'Anatomie et Zoologie a perdu deux de ses Correspondants, M. Albert Vayssière et M. Auguste Lameere.

Albert Vayssière est mort à Marseille, le 13 janvier 1942, à l'âge de 88 ans. Toute sa carrière s'est déroulée à la Faculté des sciences de Marseille où il était Professeur de Zoologie. Il était en même temps Directeur du Muséum d'Histoire Naturelle.

Vayssière était un homme d'une extrême activité. Il passait toutes ses journées au laboratoire. Il faisait de fréquents séjours à Paris et fréquentait alors assidûment nos séances.

Les travaux de Vayssière ont porté surtout sur l'anatomie des Mollusques; plus particulièrement des Gastéropodes et des Opisthobranches.

Il avait obtenu le prix Gay en 1899.

Un autre domaine de recherches était, pour Vayssière, celui des Insectes, spécialement le groupe des Éphémérides; ces recherches lui avaient valu le prix Thore en 1880.

Albert Vayssière a été un travailleur persévérant et infatigable. C'était, de plus, un modeste. Circonstance singulière, on avait, au cours de sa jeunesse, craint souvent pour sa santé, qui était délicate. Agé de 88 ans, à sa mort, ayant toujours gardé une silhouette frêle et fragile, il a survécu à presque tous ses compagnons de travail.

Il était unanimement estimé et aimé de tous ceux qui l'ont approché.

Auguste Lameere est mort à Ixelles (Belgique), sa ville natale, le 6 mai 1942, à l'âge de 78 ans.

Il était devenu, très jeune, Professeur de Zoologie à l'Université de Bruxelles.

Lameere était un laborieux, un modeste, un désintéressé, tout entier à sa passion pour la Science, au surplus, esprit très cultivé. Il aimait beaucoup la France et entretenait des relations très suivies avec les savants français.

L'œuvre de Lameere est considérable. Dans sa jeunesse, c'est surtout l'étude des Insectes qui l'attire. Il concevait l'Entomologie sous une forme personnelle et très large, qu'il eut l'occasion d'exposer en présidant le premier Congrès International d'Entomologie en 1910, à Bruxelles.

Il a publié, de 1895 à 1907, sa *Faune de Belgique*, ouvrage considérable en trois volumes. L'idée de l'Évolution domine toutes ses publications et oriente toujours ses recherches. Les problèmes de la vie sociale des insectes l'intéressent particulièrement, et il a publié, sur les fourmis et les termites, des travaux très remarqués.

Il aimait, par ailleurs, beaucoup l'Enseignement. Il avait entrepris, il y a quinze ans, la rédaction d'un, *Précis de Zoologie*, ouvrage considérable, dont la publication, commencée en 1927, comprend actuellement six volumes; la mort a interrompu la rédaction du septième.

Lameere a rendu, aussi bien dans la Science que dans l'Enseignement, des services inestimables, très grandement appréciés dans le monde des Zoologistes.

Ici se clot la liste, trop longue, de nos Confrères disparus en 1942, laissant parmi nous d'unanimes regrets.

Par contre, l'Académie a eu la grande satisfaction d'accueillir dans son sein des Confrères nouveaux : MM. Denjoy, Pérès, de Martonne, Fage, Binet, Bethenod, Portevin. A chacun nous sommes heureux de renouveler ici l'expression de nos souhaits de bienvenue.

Messieurs,

Dans les circonstances tragiques que traverse le Monde, alors que la flamme des incendies illumine le ciel de notre planète jonchée de décombres moraux autant que matériels, il peut être réconfortant d'éloigner notre pensée de ces vastes lieux de désolation et la reporter vers les régions plus sereines que l'Astronomie offre à notre contemplation. Cette science possède, en effet, le magnifique privilège d'évoluer dans un domaine de connaissances affranchi de toute relation de pensée avec les choses terrestres, de nous transporter en des régions démesurément lointaines et, par l'exaltation qu'elle donne à notre imagination, d'annihiler, lorsqu'on s'y abandonne, le sentiment de nos préoccupations et de nos misères.

L'Astronomie exerce sur tous les esprits une attirance irrésistible, elle excite une soif particulièrement ardente de connaître. Le berger qui, la nuit

venue, lève les yeux vers le ciel étoilé, se sent étreint par un impérieux besoin de savoir, aussi bien que l'homme cultivé s'abandonnant, dans ses loisirs, à des réflexions solitaires sur les choses du ciel. Que sait-on, que peut-on savoir, de ces astres innombrables dispersés dans l'océan de l'espace et luisant dans le silence de la nuit? Que sait-on du Soleil, des comètes, des planètes, celles-ci sont-elles habitées, habitables; d'où viennent-elles; quelle est leur destinée future?

Au reste, depuis trente ans, les tendances et les aspirations du public en ce qui concerne l'Astronomie ont beaucoup évolué ou plus exactement se sont considérablement amplifiées. A la fin du siècle dernier, l'intérêt qu'il portait aux choses du Ciel était fait presque exclusivement de contemplation et d'admiration, car en dehors du système solaire mieux connu, l'horizon était resté hermétiquement fermé. On savait bien que les étoiles étaient des astres lointains, très lointains, mais on n'avait que bien peu de précisions sur cet éloignement; on ne savait rien sur leurs dimensions, sur leur composition, leur état physique; on avait finalement adopté à leur endroit une attitude de renoncement, comme devant un mystère inaccessible. Seuls les astronomes s'appliquaient à en fixer, avec une extrême précision, les positions apparentes dans le ciel et en dressaient avec soin des catalogues, de jour en jour plus complets, laissant à la science de l'avenir le soin d'en tirer parti. Aussi les amateurs passionnés d'Astronomie limitaient-ils leur culte à la poétique contemplation du ciel étoilé. On s'extasiait, sans se lasser, sur la finesse des contours de l'anneau de Saturne, se profilant si étrangement sur le bleu profond du ciel; on s'émouvait au spectacle des magnifiques amas stellaires, aux étoiles innombrables, parfois diversement colorées, assemblées en grappes opalescentes et comme impondérables. On trouvait ainsi dans l'Astronomie d'intenses satisfactions d'ineffable poésie, recherchées avec avidité et ressenties avec émotion.

Puis, brusquement, en quelques dizaines d'années, s'est produite l'extraordinaire révélation des véritables dimensions de l'Univers et de son architecture, connaissances qu'on avait cru devoir échapper éternellement à la science humaine. Grâce au développement parallèle d'autres sciences, telles que la Physique, la Spectroscopie, la Chimie physique, les astronomes ont pu mesurer l'immense étendue de l'Univers étoilé, et c'est avec une profonde surprise que le monde a pris connaissance de ces données extraordinaires dont aucun esprit n'aurait pu soupçonner l'imposante grandeur. Des distances comptées en milliers, que dis-je, en millions, en centaines de millions d'années lumière; les dimensions exactes de la Voie Lactée, simple unité dans le monde innombrable des nébuleuses spirales, unité qui nous est chère puisqu'elle constitue notre patrie stellaire représentée par l'ensemble des étoiles de notre ciel, étoiles au milieu desquelles nous vivons, attachés que nous sommes

à notre Soleil, modeste unité, lui-même, parmi les 50 milliards d'étoiles que compte la Voie Lactée. Et par ailleurs, nous étaient révélées les véritables dimensions des étoiles et leur extraordinaire variété, depuis celles dont le volume est comparable à celui de notre globe, jusqu'à celles dont le diamètre est supérieur à celui de l'orbite que la Terre décrit autour du Soleil. D'autre part, leurs masses étant du même ordre de grandeur, il en résulte des différences énormes dans leurs densités. Nous avons su ainsi que, pour certaines, la densité est vraiment stupéfiante. Une étoile, découverte en 1934, et dont le diamètre est seulement la moitié de celui de la Terre, comporte une densité telle qu'un centimètre cube de sa substance pèserait 36 tonnes. Pour d'autres, pour l'étoile Antarès, par exemple, le diamètre est, au contraire, 45000 fois celui de la Terre, le volume 100 millions de fois celui du Soleil, la densité 2000 fois moindre que celle de l'air.

Quant à la puissance lumineuse, les révélations de la science moderne n'en sont pas moins saisissantes. Une des étoiles les plus brillantes, S Dorade, est 300000 fois plus éclatante que le Soleil; une des plus faibles, l'étoile Wolf 359, 50000 moindre, d'où, pour ces deux astres, un rapport de un à 15 milliards. Il existe donc, d'une part des étoiles géantes, en petit nombre relativement; ensuite les moyennes, enfin la foule innombrable des naines, d'un éclat moindre incomparablement, le menu peuple pourrait-on dire. Ces colossales disproportions, nous l'avons dit et cela est singulier, ne s'appliquent pas aux masses qui restent incomparables, c'est-à-dire du même ordre de grandeur. Quand les astronomes, qui jonglent avec les grands nombres, parlent de grandeurs comparables, cela signifie que les unes peuvent être encore 100 fois plus grandes ou plus petites que les autres. Ce caractère d'uniformité, qui s'applique seulement aux masses, a été expliqué par la théorie, comme une conséquence de propriétés d'équilibre; au delà d'une certaine limite, pour la masse, l'étoile se briserait, se disloquerait.

Un autre sujet, qui depuis vingt ans a fait l'objet de travaux assidus et féconds, est celui de la température des étoiles, de la température de leur surface extérieure s'entend. Ces études ont été rendues possibles grâce aux progrès de la Physique, concernant les propriétés rayonnantes des corps. Pour le Soleil, cette température a été fixée, officiellement, si l'on peut dire, au chiffre de 6000° et cela depuis longtemps, l'étude en étant relativement beaucoup plus facile. Pour les étoiles, de telles déterminations sont évidemment moins simples. En gros, le principe est le suivant : la couleur, le spectre d'un corps incandescent dépendent de sa température. Notant la couleur, on en conclut donc la température. Bien entendu, la méthode comporte des précisions sur lesquelles nous ne voulons pas insister. La température des étoiles que nous voyons et observons varie entre 3000 et 40000°, mais peut-être y-a-t-il des étoiles froides ou plutôt refroidies, véritables astres morts, qui roulent

silencieusement dans l'espace sans que leur présence ne puisse jamais nous être révélée.

Quant aux températures intérieures des étoiles, il n'existe aucun moyen direct d'exploration. Bien entendu, on y a suppléé par des théories; on parle de millions, de dizaines de millions de degrés; croyons-en les théoriciens sur parole.

C'est le classement par ordre de températures, ou plus exactement par les caractères spectraux qui s'y rattachent, qui a donné naissance aux célèbres théories de l'évolution des étoiles, de Lockyer, puis de Russell. D'après ces théories, les étoiles sont d'abord géantes et de température peu élevée, 3000°, nous nous exprimons dans le relatif évidemment; elles diminuent de volume tandis que leur température augmente, celle-ci passe par un maximum, alors que le volume continue à décroître; l'étoile finit par devenir naine avec la basse température du début, l'évolution se poursuivant alors indéfiniment dans le même sens, à savoir diminutions simultanées du volume et de la température. Il en résulte que, dans les classes à basses températures, il y a deux sortes d'étoiles, les géantes et les naines, et c'est précisément une telle constatation qui a conduit à cette théorie de l'évolution. Mais les naines sont mille fois plus nombreuses que les géantes. Si l'hypothèse de l'évolution correspond à la réalité, il en faudrait conclure que la plupart des étoiles sont ainsi parvenues à une phase avancée de leur existence; si toutefois l'on considère que l'état de naine constitue une dernière phase ou l'une des dernières.

Combien nous sommes loin des conceptions de l'ancienne Astronomie qui regardait les étoiles comme le symbole de l'invariabilité et de la permanence éternelles. Aujourd'hui, au contraire, toutes les conceptions, en quelque domaine que ce soit, comportent à un haut degré l'idée d'évolution. Les lois physiques elles-mêmes, liées aux éléments constitutifs de l'Univers tels que nous les étudions dans leur forme actuelle, sont-elles immuables? La Physique, telle qu'elle pourra exister dans des milliards de milliards d'années, et s'appliquant à des éléments qui auront peut-être vieilli, même dans leur constitution la plus intime, sera-t-elle celle d'aujourd'hui? Est-elle la même aussi dans toutes les régions de l'espace, dans celles qui sont immensément éloignées de la petite patrie stellaire que constitue pour nous la Voie Lactée? Qui pourrait dire que la vitesse de la lumière est constante de toute éternité et dans toutes les parties de l'Univers, que les radiations lumineuses ne se modifient pas en vieillissant? De tout cela, nul ne pourrait se porter garant.

Une des conquêtes les plus récentes de l'Astronomie se rapporte à cette fameuse vitesse de « récession » des nébuleuses spirales disséminées par millions dans l'étendue de l'espace, à des distances immenses les unes des autres, et dont la Voie Lactée n'est qu'une unité ordinaire. Les nébuleuses s'éloignent de nous avec une vitesse d'autant plus grande qu'elles sont plus

lointaines, et il y a proportionnalité entre la distance qui nous en sépare et cette vitesse de *fuite*. Pour les nébuleuses situées aux confins de ce que permet l'observation, ces vitesses deviennent considérables. On a mesuré ainsi des vitesses de fuite atteignant 40000 kilomètres par seconde, dépassant celle des particules α du radium, chiffre déjà important comparé à la vitesse de la lumière, celle-ci étant regardée par les théories de la relativité comme une ultime limite qui ne saurait être dépassée.

C'est bien là un phénomène singulier et de la plus haute portée. Il a donné lieu à des discussions passionnées et d'interminables controverses. En fait, le phénomène n'est pas directement observé comme un phénomène de vitesse; ce que l'on constate, c'est un déplacement général des raies vers le rouge, déplacement d'autant plus prononcé que l'éloignement est plus grand. C'est ce déplacement que les physiciens et les astronomes interprètent comme un effet de vitesse radiale, d'après le principe de *Doppler-Fizeau*. Tout se passerait donc comme si les innombrables nébuleuses, véritables grains de poussière dans l'océan de l'espace, s'écartaient les unes des autres, comme s'éloignent mutuellement les particules d'un tourbillon de fumée qui se *dilate* dans l'air. Il est évident que si l'on imaginait un observateur lié à l'une de ces particules, celui-ci verrait fuir toutes les autres d'autant plus et d'autant plus vite qu'elles en seraient plus éloignées.

Semblables à ces molécules d'un nuage de fumée en expansion, les nébuleuses dont est parsemé l'espace, espace auquel elles seraient liées, réaliseraient l'image matérielle et tangible d'une expansion de l'ensemble de l'Univers. D'après les savants qui ont approfondi cette conception, le monde serait issu d'une sorte d'atome unique, atome gigantesque, néanmoins minuscule comparé aux dimensions actuelles de l'Univers, atome qui, disloqué, brisé, dispersé, serait l'origine commune de tous les atomes et de l'énergie répandus dans l'espace. Eddington a cru pouvoir déterminer théoriquement la vitesse d'expansion et le rayon originel de l'Univers, qu'il fixe ainsi à un million d'années lumière.

Le déplacement vers le rouge des raies dans les spectres des nébuleuses, s'appliquant à toutes spirales et revêtant, ainsi, un caractère de haute généralité, constitue une très, très grande découverte. La notion consécutive qui lui est attachée d'une *expansion* de l'Univers, s'est présentée comme révolutionnaire; aussi a-t-elle été âprement discutée et combattue. De nombreux savants se sont évertués à trouver, pour le décalage des raies, une interprétation indépendante, au moins en partie, de l'hypothèse d'une vitesse radiale. On a invoqué une modification intime et progressive des rayons lumineux, cheminant dans l'espace, pendant des centaines de millions d'années, heurtés par toutes sortes de rayonnements, qui se croisent, s'enchevêtrent, s'unissent ou se contrarient, altérant leur nature, qui subirait ainsi une sorte de vieillissement, fonction de la distance, et de nature à engendrer le déplacement

constaté des raies spectrales. Il n'y a là rien d'invraisemblable, mais rien aussi qui puisse en démontrer la réalité. La lumière, malgré tout, reste un phénomène dont les découvertes les plus récentes n'ont pas épuisé le profond mystère. Il est possible que la science de l'avenir nous apporte sur ce point des éclaircissements décisifs, mais on ne saurait qu'admirer cette théorie de l'expansion de l'espace qui, antérieurement à l'observation, a permis d'expliquer non seulement le décalage des raies par une vitesse de fuite des nébuleuses, mais de le prévoir.

Adoptant l'hypothèse de l'expansion et de la fuite des nébuleuses, on peut en tirer quelques conséquences aussi remarquables que singulières. Les vitesses effectivement calculées d'après l'observation atteignent déjà le 1/7e de la vitesse de la lumière. Un sondage 7 fois plus profond montrerait des spirales s'éloignant avec cette vitesse elle-même; au delà, aucun rayon lumineux ne saurait plus nous parvenir. Il y aurait donc une certaine distance, d'environ 1800 millions d'années lumière, au delà de laquelle aucun astre ne serait plus visible pour nous. Une telle distance, qui est de 7 fois seulement celle que nous pouvons atteindre actuellement, ne paraît pas absolument inaccessible à l'Astronomie de l'avenir. On voit par là l'importance extrême de ce passionnant problème.

Il y a plus : toutes les nébuleuses s'éloignent de nous avec une vitesse exponentiellement accélérée; pour un accroissement de distance de un million d'années lumière, la vitesse s'accroît de 170^{km} par seconde. Elles cesseront d'être visibles quand elles atteindront cette barrière inéluctable située à 1800 millions d'années lumière. Il ne faut pas trop nous attarder si nous voulons accumuler les observations les concernant. Il nous reste cependant une marge convenable, ... car la nébuleuse la plus proche mettrait 37 milliards d'années pour atteindre cette barrière de visibilité. Ce temps écoulé, aucune nébuleuse spirale ne serait plus visible pour nous, nous resterions définitivement isolés au sein de notre esquif dans notre Voie Lactée, en laquelle les forces de gravitation sont largement suffisantes pour maintenir les étoiles dans notre domaine de visibilité. Nous avons donc quelque temps devant nous. Dans un tel délai, de 37 milliards d'années, il y aura longtemps sans doute que le dernier homme aura vécu, emportant dans le néant toute la science humaine si péniblement acquise au cours des longs siècles qui auront marqué, sur notre globe, la vie de l'humanité. Et de cela, il peut nous venir quelque tristesse.

Les données si prodigieusement surprenantes que l'Astronomie a apportées au trésor grandissant de la science humaine, confondent l'imagination, il est banal de le dire. Distances colossales des astres, d'ailleurs immenses comparées à leurs propres dimensions, fuite éperdue des nébuleuses, tourbillon

vertigineux et fantastique des chiffres mesurant les espaces et les temps, tout cela dépasse à tel point notre imagination, qu'on se demande parfois s'il répond à une réalité véritable et s'il n'y faut point voir l'effet d'une sorte d'illusion scientifique engendrée par quelque erreur initiale de principe ou d'interprétation dans tout un ensemble de faits qui pourtant s'enchaînent avec un caractère d'inexorable logique. La science est d'ailleurs en perpétuelle évolution, vérité aujourd'hui, erreur demain, apparents caprices qui sont justement un des signes les plus certains de sa vitalité.

C'est ainsi que la notion d'état stationnaire de l'Univers, dans son état moyen s'entend, considérée il y a une dizaine d'années comme une vérité première, s'est écroulée brusquement non sans fracas, par la découverte de la fuite générale des nébuleuses, notion nouvelle sur laquelle certains savants discutent encore avec passion. Et en effet, il reste quelques pailles dans l'ensemble imposant des données astronomiques actuelles et des conséquences en apparence si claires qu'on en peut tirer.

Des divergences tenaces subsistent, en effet, dans les évaluations qu'on peut obtenir, par diverses voies, de l'âge des étoiles, et de celui de l'Univers. Quant à l'âge de la Terre, des méthodes concordantes paraissent le fixer à ce chiffre presque officiel de deux milliards d'années. Il semble que sur ce point tout le monde soit d'accord... pour le moment.

Il n'en est pas ainsi, en ce qui concerne l'âge des étoiles, des nébuleuses, de l'Univers. Ici apparaissent des divergences capitales.

Il y a vingt ans, des méthodes regardées comme inattaquables avaient fourni pour l'âge des étoiles des nombres concordants. On attribuait aux Galaxies un passé d'environ 20000 milliards d'années. Les méthodes permettant de fixer ce chiffre étaient basées les unes sur l'équipartition de l'énergie cinétique, d'autres sur les caractères de l'évolution stellaire en y joignant la notion d'évolution des masses dont la valeur deviendrait ainsi fonction de l'âge.

Or, il y a quelques années, cette *échelle* particulièrement *longue*, attachée à la vie des étoiles, a été contestée par divers savants, avec des arguments tirés de l'interprétation qu'on peut donner des découvertes récentes, notamment de l'expansion de l'Univers, de la rotation galactique, des masses variables, des étoiles doubles. On arrive à trouver ainsi, notamment par la notion d'expansion de l'Univers, que l'époque à laquelle celui-ci avait un rayon nul ne remonte guère à plus de 2 milliards d'années; les autres méthodes conduisent à des nombres qui ne dépassent pas 20 milliards d'années, ces chiffres représentant ainsi l'*échelle courte*.

Ces deux échelles sont dans le rapport de 1 à 1000. Elles sont donc parfaitement contradictoires. L'échelle courte met en échec les notions d'évolution stellaire. Si on l'adopte, on est dans l'obligation d'admettre que les étoiles sont nées sensiblement sous leur forme actuelle, par suite très différentes les

unes des autres. C'est un véritable bouleversement dans nos conceptions et le différend est d'importance; peut-être mettra-t-on longtemps à l'éclaircir; l'avenir, toutefois, ne manquera pas d'apporter à ce problème des éléments nouveaux et féconds. Nous sommes ici aux frontières mêmes de la Science, en un domaine mal défriché, encore parsemé de ronces et d'embûches. Mais précisément ces bouleversements, dans des théories qui, successivement s'édifient et s'écroulent, sont les manifestations caractéristiques d'une science qui progresse et qui grandit.

Parmi les scories qui s'agitent et se choquent dans le feu des controverses, le métal fin brille et s'accumule sans cesse, en élevant son niveau dans le creuset bouillonnant et toujours plus riche des connaissances humaines.

Ce sont les découvertes étourdissantes touchant l'Univers et réalisées au cours du présent siècle qui, répandues dans le public, ont contribué à modifier sa mentalité et sa manière de s'intéresser à l'Astronomie. Sans doute, comme il y a quarante ans, on contemple et l'on admire; comme autrefois le spectacle du Ciel émeut et excite l'imagination, comme autrefois il alimente les rêveries et inspire les poètes. Seulement on ne se contente plus d'admirer et de rêver, on désire obtenir des précisions plus positives et plus concrètes. Sans doute, on contemple avec émotion les anneaux de Saturne, mais on veut connaître leur nature; on contemple le Ciel étoilé, mais on veut connaître la distance des étoiles, leur nature, leurs dimensions, leurs masses, leur éclat, leur âge, leur destinée, toutes questions auxquelles la science d'aujourd'hui peut répondre, sinon d'une manière absolue et définitive, mais d'une façon logique basée sur des faits d'observation bien établis et coordonnés par des théories en rapport avec l'état actuel de la science.

Et ce goût des réalités scientifiques s'est étendu à toutes les branches des connaissances humaines, ainsi qu'en témoigne l'abondance des ouvrages de vulgarisation, qui excitent et comblent à la fois la curiosité des choses de la Nature. La mentalité scientifique a pénétré tous les esprits; en cela elle contribue au progrès de nos connaissances qui vont s'accélérant, d'autant plus vite que les armes dont dispose la Science deviennent, par le fait de la Science elle-même, plus nombreuses, plus puissantes et mieux aiguisées.

Il y a quelque cinquante ans, un écrivain illustre avait proclamé la « faillite de la Science ».

La Science aujourd'hui a répondu.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1942.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, É. Cartan, H. Villat, G. Julia, P. Montel, A. Denjoy.

PRIX PONCELET (2.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Garnier**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX FRANCŒUR (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Dubreil**, professeur à l'Université de Nancy, pour ses travaux d'algèbre. *Rapporteur :* M. É. Cartan.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, A. Caquot, J. Pérès, N....

PRIX MONTYON (1.500fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Leray**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de mécanique. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX BOILEAU (1.300fr). — Le prix est décerné à M. **Julien Kravtchenko**, professeur au Lycée de Châlons-sur-Marne, pour ses travaux d'hydrodynamique. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX HENRI DE PARVILLE (1.500fr). — Le prix est décerné à M. **Yves Rocard**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de mécanique. *Rapporteur :* M. H. Villat.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Cotton, G. Perrier, Ch. Fabry, E. Esclangon, Ch. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot.

PRIX LALANDE (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Camichel**, aide-physicien à l'Observatoire du Pic du Midi, pour ses travaux d'astronomie physique. *Rapporteur :* M. E. Esclangon.

PRIX BENJAMIN VALZ (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Rösch**, astronome à l'Observatoire de Bordeaux, pour ses travaux d'astronomie physique. *Rapporteur :* M. E. Esclangon.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, G. Perrier, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, E. de Martonne.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU (1.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Max Douguet**, capitaine de corvette, et **René Jeannel**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour leur mission scientifique d'exploration à bord du « Bougainville » dans les mers australes. *Rapporteur :* M. R. Bourgeois.

PRIX GAY (1.500fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Trochain**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal*. *Rapporteur :* M. G. PERRIER.

PRIX TCHIHATCHEF (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Wan Chun Cheng**, docteur ès sciences, pour ses explorations dans le Se-Tchouan et le Si-Kang oriental. *Rapporteur :* M. L. LAPICQUE.

PRIX BINOUX (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Dresch**, agrégé d'histoire et de géographie, pour ses recherches sur *L'évolution du relief dans le Massif central du Grand Atlas, le Haaz et le Sous*. *Rapporteur :* M. R. BOURGEOIS.

PRIX AIMÉ LAUSSEDAT (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Ferber**, ingénieur, pour ses études et la création d'un appareil de photogrammétrie. *Rapporteur :* M. G. PERRIER.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. R. Bourgeois, É. Borel, M. de Broglie, G. Perrier, Ch. Fabry, J. Drach, É. Jouguet, H. Villat, J. Tilho, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, E. de Martonne, N..., N....

PRIX PLUMEY. — Deux prix de 4.000fr sont décernés :

— à M. **Lucien Malavard**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la navigation aérienne. *Rapporteur :* M. H. VILLAT ;

— à M. **Joseph Pérès**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la navigation aérienne. *Rapporteur :* M. H. VILLAT.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, P. Langevin, Ch. Mauguin, C. Gutton, N....

PRIX L. LA CAZE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gustave Ribaud**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux. *Rapporteur :* M. A. COTTON.

PRIX KASTNER-BOURSAULT (1.500fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Guillien**, maître de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur les diélectriques. *Rapporteur :* M. A. COTTON.

PRIX GASTON PLANTÉ (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Max Morand**, professeur à l'Université de Liége, pour ses recherches sur des générateurs électriques à très haute tension et sur la production de faisceaux d'ions de grande puissance. *Rapporteur :* M. CH. FABRY.

PRIX FRANÇOIS HÉBERT (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Servigne**, professeur à l'Institut national agronomique, pour ses travaux sur l'application de la phosphorescence dans les tubes à décharge. *Rapporteur :* M. A. DE GRAMONT.

PRIX HENRI DE PARVILLE (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Albert Arnulf**, chef de travaux à l'Institut d'optique, pour ses recherches d'optique appliquée, particulièrement sur les méthodes de mesure et sur la vision dans les instruments d'optique. *Rapporteur :* M. CH. FABRY.

PRIX HUGHES. — Deux prix de 2.500fr sont décernés :

— à M. **Pierre Jacquinot**, maître de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur le phénomène de Zeeman et sur l'accroissement du pouvoir séparateur des spectroscopes. *Rapporteur :* M. A. COTTON;

— à M. **Pierre Fleury**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour les perfectionnements qu'il a apportés aux méthodes de photométrie visuelle et photoélectrique. *Rapporteur :* M. Ch. Fabry.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **François Croze**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

FONDATION CLÉMENT-FÉLIX. — Deux prix de 2.000fr sont décernés :

— à M. **Pierre Barchewitz**, docteur ès sciences physiques, pour ses travaux sur l'absorption des radiations infrarouges. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

— à M. **Jean Bricard**, physicien à l'Observatoire du Pic du Midi, pour la continuation de ses recherches sur la constitution des brouillards naturels et, particulièrement, sur l'application des méthodes électriques à la solution des problèmes que pose cette étude. *Rapporteur :* M. Ch. Fabry.

FONDATION PIERRE LAFITTE (3.000fr). — Un prix est décerné à M. **Paul Abadie**, ingénieur au Laboratoire national de radioélectricité, pour ses travaux de physique moléculaire. *Rapporteur :* M. C. Gutton.

FONDATION DU GÉNÉRAL FERRIÉ. — Deux prix de 4.000fr sont décernés :

— à M. **Robert Bureau**, directeur du Laboratoire national de radioélectricité, pour ses recherches sur les parasites d'origine atmosphérique en télégraphie sans fil. *Rapporteur :* M. Ch. Fabry ;

— à M. **René Mesny**, professeur à l'École supérieure d'électricité, pour l'ensemble de ses travaux. *Rapporteur :* M. C. Gutton.

CHIMIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, M. Tiffeneau, N....

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (2.500fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Frèrejacque**, sous-directeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses recherches sur la détection de gaz nocifs. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX JECKER (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henry Gault**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX L. LA CAZE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Guichard**, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie minérale. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX HOUZEAU (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Guérin**, maître de recherches de la Caisse nationale de la recherche scientifique, pour ses travaux sur les arséniates alcalinoterreux. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (3.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Marcel Mouton**, docteur en pharmacie de l'Université de Paris, pour ses recherches sur l'emploi de la dinitrophénylhydrazine dans le dosage de divers principes immédiats, et à titre d'encouragement à poursuivre ses recherches actuelles sur la vitamine B_1. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie, N.....

PRIX CUVIER (1.500fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Barrabé**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux géologiques : Madagascar, Martinique, Sud-Ouest de la France. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Thoral**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour ses travaux géologiques sur les Monts de Lacaune et surtout son étude paléontologique sur la faune du Tremadoc dans la Montagne noire. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PHYSIQUE DU GLOBE.

Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Lacroix, R. Bourgeois, Ch. Maurain, G. Perrier, E. Esclangon, E. de Margerie.

PRIX VICTOR RAULIN (1.500fr). — Le prix est décerné à M. **Raymond Jouaust**, directeur du Laboratoire central d'électricité, pour ses travaux sur l'ionosphère et en particulier sur les évanouissements brusques des ondes courtes. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin.

PRIX DESMAZIÈRES (1.600fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Kühner**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux sur les Champignons. *Rapporteur :* M. P.-A. Dangeard.

PRIX MONTAGNE (1.500fr). — Le prix est décerné à M. **Gontran Hamel**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour son œuvre sur les Algues. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX DE COINCY (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **René de Litardière**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour ses recherches de systématique de la Flore du Sud-Est de la France et de la Corse. *Rapporteur :* M. L. Blaringhem.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. E. Leclainche, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, E. Schribaux, G. Moussu, M. Javillier.

PRIX NICOLAS ZVORIKINE (1.800fr). — Le prix est décerné à MM. **Léon Moreau**, directeur du Service œnologique, et **Émile Vinet**, adjoint au même service à Angers, pour leurs recherches sur l'amélioration et la vulgarisation des procédés de conservation des vins d'Anjou chez les petits producteurs. *Rapporteur :* M. L. Blaringhem.

PRIX LAC (2.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gustave Guittonneau**, professeur à l'Institut national agronomique, pour l'ensemble de ses travaux sur le lait. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, E. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage.

PRIX DA GAMA MACHADO (1.200fr). — Le prix est décerné à M. **Rémy Chauvin**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches physiologiques sur le Criquet pélerin (*Schistocerca gregaria*). *Rapporteur :* M. É. Roubaud.

FONDATION SAVIGNY (1.500fr). — Un prix est décerné à M. **Pierre Delanoë**, docteur en médecine, pour ses travaux sur la Parasitologie du Maroc (Invertébrés). *Rapporteur :* M. É. Roubaud.

PRIX JEAN THORE (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Guibé**, assistant à la Faculté des sciences de Caen, pour son mémoire consacré à l'étude morphologique et génétique d'*Apterina pedestris*. *Rapporteur :* M. É. Roubaud.

ANTHROPOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Albert Rakoto Ratsimamanga**, docteur ès sciences, pour son ouvrage intitulé : *Taches pigmentaires héréditaires et origines des Malgaches*. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset. J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet.

PRIX MONTYON. — Troix prix de 2.500fr sont décernés :

— à M. **Frédéric Bremer**, professeur à l'Université de Bruxelles, pour ses recherches expérimentales sur les mécanismes primordiaux du système nerveux. *Rapporteur :* M. P. Portier;

— à M. **Paul Giroud**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur le typhus exanthématique. *Rapporteur :* M. Ch. Pérez;

— à MM. **Paul Remlinger** et **Jacques Bailly**, directeur et assistant à l'Institut Pasteur du Maroc, à Tanger, pour leurs études sur la rage. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

Une mention honorable de 1.500fr est accordée à M. **Robert Tiffeneau**, chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour son étude sur les aérosols médicamenteux. *Rapporteur :* M. P. Portier.

PRIX BARBIER (2.000fr). — Le prix est décerné à Mlle **Angélique Arvanitaki**, docteur ès sciences, pour son travail sur les variations graduées de la polarisation des systèmes excitables. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX BRÉANT. — Un prix de 5.000fr est décerné à M. **Xavier Henry**, directeur du Laboratoire municipal d'hygiène à Constantine, pour ses travaux sur la *Mélano-floculation, dite d'Henry* pour le diagnostic de l'infection palustre. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

PRIX MÈGE. — Un prix de 1.000fr est décerné à M. **Maxime Laignel-Lavastine**, membre de l'Académie de médecine, pour l'ensemble de ses travaux sur l'Histoire de la médecine. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX BELLION (1.400fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Chauvois**, docteur en médecine, pour ses ouvrages intitulés : *D'Arsonval. Une vie. Une époque.* (1851-1940), et *D'Arsonval. 65 ans à travers la science*. *Rapporteur :* M. P. Portier.

PRIX DU BARON LARREY (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Joseph Toubert**, médecin général inspecteur de l'armée, pour son ouvrage intitulé : *Le service de santé militaire au Grand-Quartier général français* (1918-1919). *Rapporteur :* M. H. Vincent.

PRIX ALFRED DUTENS (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Duhem**, électroradiologiste de l'Hôtel-Dieu, pour son introduction dans la pratique électrothérapeutique des courants à établissement exponentiel. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

FONDS CHARLES BOUCHARD (5.000fr). — Un prix est décerné à M. **Georges Mouriquand**, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux sur les Vitamines et les carences alimentaires. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET. — Un prix de 5.000fr est décerné à M. **Jean Vieuchange**, assistant à l'Institut Pasteur, pour ses recherches relatives à l'existence des anticorps de la vaccine dans la lésion locale d'inoculation (peau, cerveau). *Rapporteur :* M. H. Vincent.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, Ch. Achard,
L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, E. Sergent.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (6.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à Mme **André Lallemand**, née **Suzanne Ancel**, chef de travaux de pharmacie et de chimie, pour l'ensemble de ses travaux sur la tératogénèse. *Rapporteur :* M. J. Jolly.

PRIX LOUISE DARRACQ. — Un prix de 6.000fr est décerné à M. **Roger Gautheret**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses recherches concernant la culture *in vitro* des tissus végétaux. *Rapporteur :* M. Ch. Pérez.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery,
L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly.

PRIX MONTYON (1.500fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Benoit**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la théorie du fonctionnement nerveux. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX L. LA CAZE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Schaeffer**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur l'origine de la production d'extra-chaleur dans l'action dynamique spécifique des protides. *Rapporteur :* M. P. Portier.

PRIX POURAT (2.000fr). — Le prix est décerné à Mlle **Anne Raffy**, docteur ès sciences, chargée de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour son ouvrage sur la *Vitamine* B_2. *Rapporteur :* M. P. Portier.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE (1.400fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Desliens**, vétérinaire, pour ses travaux sur les ponctions et injections artérielles. *Rapporteur :* M. P. Portier.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, Ch. Fabry, L. Blaringhem,
J. Drach, Ch. Maurain, É. Cartan, P. Montel.

PRIX MONTYON (1.000fr). — Le prix est décerné à M. **Vladimir Kostitzin**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour son ouvrage et ses travaux de biologie mathématique. *Rapporteur :* M. P. Montel.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. L. Bouvier, É. Borel, M. Caullery, H. Villat.
L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Montel.

PRIX BINOUX (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Couderc**, professeur au Lycée Janson-de-Sailly, pour son ouvrage sur *La Relativité. Rapporteur :* M. E. Borel.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix,
L. de Broglie; É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE. — Trois prix de 2.500fr sont décernés :

— à M. **Edmond Brun**, maître de Conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage sur *Les chaleurs spécifiques. Rapporteur :* M. L. de Broglie;

— à MM. **Jean Coulomb**, directeur de l'Institut de physique du globe de Paris, et **Julien Loisel**, météorologiste honoraire de l'Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie, pour leur ouvrage sur *La physique des nuages. Rapporteur :* M. L. de Broglie;

— à M. **Maurice Savarit**, doyen de la Presse des Académies, pour sa longue carrière de vulgarisation scientifique. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

MÉDAILLES.

Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée :

— à M. **Marcel Frèrejacque**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;

— à M. **Henry Gault**, lauréat du prix Jecker;

— à M. **Henri Guérin**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR l'ÉTAT : **Grand prix des sciences mathématiques** (3.000fr). — Commissaires : MM. J. Hadamard, R. Bourgeois, É. Borel, G. Perrier, J. Drach, É. Cartan, G. Julia.

Le prix est décerné à M. **René Lagrange**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses travaux d'analyse et de géométrie. *Rapporteur :* M. E. Cartan.

PRIX ALHUMBERT (1.000fr). — Commissaires : MM. A. Cotton, G. Perrier, Ch. Fabry, Ch. Maurain, A. de Gramont, É. Cartan, G. Julia.

Le prix est décerné à M. **Paul Monfraix**, ingénieur en chef de la marine, pour ses recherches sur le gyro-compas et le gyro-pendule. *Rapporteur :* M. A. de Gramont.

PRIX BORDIN (3.000fr). — Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, Ch. Pérez.

Le prix est décerné à M. **Léon Bertin**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux sur les Poissons apodes. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

PRIX LALLEMAND (1.800fr). — Commissaires : MM. L. Bouvier, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, A. Gosset, Ch. Pérez, P. Portier.

Le prix est décerné à M. **Henri Hermann**, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, pour ses travaux sur la vie des Mammifères après ablation de la moelle épinière. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX VAILLANT (4.000fr). — Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, M. Delépine, R. Fosse.

Le prix est décerné à M. **Gabriel Lucas**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar Rouban et de Sidi el Abed (Frontière algéro-marocaine)*. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

PRIX LE CONTE (50.000fr). — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie, L. Bouvier, P.-A. Dangeard, É. Borel, É. Cartan, H. Villat, G. Julia, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Ernest Vessiot**, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. É. Cartan.

PRIX HOULLEVIGUE (4.000fr). — Commissaires : MM. H. Deslandres, É. Borel, M. Brillouin, G. Perrier, É. Cartan, H. Villat, G. Julia.

Le prix est décerné à M. **Maurice Fréchet**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur le calcul des probabilités. *Rapporteur :* M. É. Borel.

PRIX PARKIN (3.400fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, G. Bertrand, Ch. Achard, M. Caullery, L. Lapicque, A. Gosset, M. Tiffeneau.

Le prix est décerné à M. **Buu-Hoï**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur les dérivés chaulmoogriques. *Rapporteur :* M. M. Tiffeneau.

PRIX SAINTOUR (3.000fr). — Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, Ch. Pérez.

Le prix est décerné à M. **Maurice Roques**, assistant à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, pour ses travaux sur les schistes cristallins du Massif Central. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

PRIX JULES MAHYER (2.000fr). — Commissaires : MM. H. Deslandres, É. Borel, G. Perrier, Ch. Maurain, H. Villat, G. Julia, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Frédéric Roger**, agrégé de mathématiques, pour ses travaux sur la théorie des fonctions. *Rapporteur :* M. É. Borel.

PRIX LONCHAMPT (4.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier.

Le prix est décerné à M. **Didier Bertrand**, assistant à l'Institut Pasteur, pour ses *Recherches sur le Vanadium dans les sols et dans les plantes*. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

PRIX JULES WOLFF (1.500fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix Lonchampt.

Le prix est décerné à Mme **Fernand Laborey**, née **Françoise Reymond**, docteur ès sciences, pour ses études sur les courbes de croissance d'*Aspergillus niger* en fonction de la composition chimique du milieu et particulièrement de la teneur en magnésium. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX HENRY WILDE (4.000fr). — Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, J. Perrin, E. Esclangon, A. de Gramont.

Le prix est décerné à M. **Michel Polonowski**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux de chimie organique et biologique. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX CAMÉRÉ (5.000fr). — Commissaires : MM. G. Claude, L. Guillet, J. Drach, É. Jouguet, H. Villat, A. Caquot, E.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. **Henry Lossier**, ingénieur civil des mines, pour ses travaux marquant un progrès réel dans l'art de construire. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

PRIX GUSTAVE ROUX (1.000fr). — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, L. Bouvier.

Le prix est décerné à M. **Francis Chesnais**, boursier du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de botanique. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

PRIX THORLET (1.200fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix Gustave Roux.

Le prix est décerné à M. **Henri Mathieu**, chargé d'enseignement pratique à la Sorbonne, pour son ouvrage intitulé : *Analyse qualitative* et *Analyse volumétrique*. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO (100.000^fr^). — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, É. Borel, H. Vincent, M. Molliard, A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob.

Le prix est décerné à M. **Louis Bouvier**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre entomologique. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX MARQUET (4.000^fr^). — Commissaires : MM. H. Deslandres, É. Borel, A. Cotton, A. de Gramont, E. Cartan, H. Villat, G. Julia.

Le prix est décerné à M. **Auguste Rousset**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux sur la diffusion moléculaire et sur l'effet Raman. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (20.000^fr^). — Commissaires : MM. R. Bourgeois. É. Borel, G. Perrier, Ch. Fabry, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel.

Le prix est décerné à M. **Henri Béghin**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour sa théorie des liaisons par asservissement et ses applications aux compas marins et aériens. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX ALEXANDRE DARRACQ. — Commissaires : MM. G. Claude, M. Delépine, É. Jouguet, A. Caquot, G. Durand-Viel, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon.

Un prix de 50.000^fr^ est décerné à M. **Pierre Lejay**, correspondant de l'Académie des sciences, auteur de travaux pour la connaissance du sous-sol de la France et de son Empire. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (14.000^fr^). — Commissaires : MM. H. Vincent, G. Bertrand, Ch. Achard, A. Gosset, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier.

Le prix est partagé entre :

— M. **Claude Fromageot**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour ses études sur les phénomènes de fermentation et les diastases. *Rapporteur :* M. M. Javillier ;

— M. **Michel Machebœuf**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur la chimie de l'immunité. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE. — Trois prix sont décernés :

— à M. **Marcel Regard**, né à Paris (XVe arr^t^), le 1er janvier 1919, sorti premier de l'École polytechnique;

— à M. **Robert Murard**, né à Lyon (Rhône), le 19 décembre 1920, sorti premier de l'École polytechnique;

— à M. **Édouard Rérolle**, né à Lyon (Rhône), le 18 février 1921, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT. — Trois prix de 750^fr^ sont décernés à MM. **Marcel Regard**, **Robert Murard**, **Édouard Rérolle**, entrés premiers à l'École des mines;

— trois prix de 500^fr^ sont décernés à MM. **Jean Lagabrielle**, **Paul Gardent**, **René Pessayre**, entrés seconds à l'École des mines;

— trois prix de 750^fr^ sont décernés à MM. **André Pasquet**, **Pierre Girault**, **Georges Hoffmann**, entrés premiers à l'École des ponts et chaussées;

— trois prix de 500^fr^ sont décernés à MM. **Marcel Fuzeau**, **Guy Grattesat**, **Jean Velitchkovitch**, entrés seconds à l'École des ponts et chaussées.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION GEGNER (4.000fr). — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, L. Bouvier.

Deux prix sont décernés :

— à feu **Jean Lacoste**, géologue, pour ses travaux géologiques au Maroc. *Rapporteur :* M. A. Lacroix;

— à M. **Gaston Seurat**, professeur honoraire à l'Université d'Alger, pour ses travaux de zoologie en Algérie et en Tunisie. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION JÉRÔME PONTI (3.500fr). — Commissaires : MM. R. Bourgeois, É. Borel, Ch. Fabry, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, G. Julia.

Le prix est décerné à Mlle **Yvette Cauchois**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les rayons X. *Rapporteur :* M. A. de Gramont.

FONDATION HIRN (2.500fr). — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, L. Bouvier.

Un prix est décerné à M. **Francis Ruellan**, ancien directeur de l'Institut franco-japonais du Kwansai (Kyôto), pour son ouvrage intitulé : *Le Kwansai. Étude géomorphologique d'une région japonaise. Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION HENRI BECQUEREL (3.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Hirn.

Un prix est décerné à M. **Francis Bernard**, professeur à l'Université d'Alger, pour ses travaux de zoologie. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION LOUTREUIL. — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, L. Bouvier, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— **6.000fr** à M. **Henri Colin**, membre de l'Académie des sciences, pour ses recherches sur les glucides des Algues marines;

— **3.000fr** à M. **Maurice Berthelon**, chef de travaux agrégé à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses études d'une maladie du Porcelet nouveau-né;

— **3.000fr** à M. **André Charton**, chef de travaux de pathologie médicale à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses recherches sur l'influence des exercices sportifs sur le système cardio-vasculaire;

— **3.000fr** à M. **Jean Ladrat**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour ses recherches sur les groupes sanguins chez les animaux domestiques en vue d'applications à la reproduction;

— **4.000fr** à M. **René Lavocat**, docteur ès sciences, pour ses études des Mammifères oligocènes de la collection Jullien à Clermont-Ferrand;

— **8.000fr** à M. **Adolphe Lepape**, chargé de cours au Collège de France, pour ses recherches sur la radioactivité des eaux minérales et des roches et sur les gaz rares des gaz naturels;

— **3.000fr** à M. **François Maignon**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses recherches sur le rôle des phénomènes fermentaires en physiopathologie microbienne;

— **3.000fr** à M. **Noël Marcenac**, professeur à l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses travaux sur l'anesthésie du Chien et du Chat;

— **3.000fr** à M. **Robert Vuillaume**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses recherches sur le mécanisme de l'intoxication par les composés arsenicaux.

— **15.000fr** à M. **Maurice Javillier**, membre de l'Académie des sciences, pour l'achat d'un électrophotomètre de P. Meunier;

— **5.000fr** à M. **Charles Sannié**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'achat d'un appareillage en verre pour distillation moléculaire sous vide profond;

— 15.000fr à M. **Raymond Vaufrey**, professeur à l'Institut de paléontologie humaine, pour l'achat d'appareils destinés à l'installation d'un laboratoire de palethnologie de l'École des Hautes Études qu'il doit créer au Musée de l'Homme.

— 4.000fr à Mlle **Madeleine Friant**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication du catalogue résumé et descriptif des collections d'ostéologie du service d'anatomie comparée du Muséum national d'histoire naturelle.

— 8.000fr à la **Bibliothèque de l'École polytechnique**, pour l'achat de livres.
Rapporteur : M. A. Lacroix.

FONDATION Mme VICTOR NOURY. — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, L. Bouvier.
Quatre prix de 2.500fr sont décernés :
— à M. **Gaston Dupouy**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux d'optique. *Rapporteur :* M. L. de Broglie;
— à M. **Paul-H. Fischer**, sous-directeur du Laboratoire de zoologie au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux de malacologie. *Rapporteur :* M. A. Lacroix;
— à M. **Alphonse Obermuller**, ingénieur-géologue du Service géologique de l'Afrique occidentale française à Dakar, pour ses *Descriptions pétrographiques et études géologiques de la région forestière de la Guinée française. Rapporteur :* M. A. Lacroix;
— à M. **Eugène Poilane**, attaché à l'Institut scientifique de Saïgon, pour ses explorations botaniques en Indochine pendant de longues années. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION MILLET-RONSSIN (10.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix; L. Cayeux, Ch. Jacob; P.-A. Dangeard, A. Guilliermond; Ch. Pérez, É. Roubaud.
Le prix est partagé entre :
— M. **Jean Wyart**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux minéralogiques,
— M. **Georges Deflandre**, maître de recherches du Centre national de la Recherche scientifique pour ses travaux sur les microorganismes fossiles.
Rapporteur : M. A. Lacroix.

FONDATIONS VILLEMOT ET CARRIÈRE. — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; P. Montel, A. Caquot, É.-G. Barrillon, A. Cotton, E. de Margerie, H. Colin, L. Lapicque, L. Bouvier, Ch. Achard, C. Gutton, L. Picart, L. Guillet.
Les subventions suivantes sont accordées :

— 10.000fr à M. **Louis Blaringhem**, membre de l'Académie des sciences, pour l'Arboretum Gaston Allard, à Angers;
— 10.000fr à M. **Jean Bablet**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur l'hépatite amarile et les ictères graves des Noirs d'Afrique;
— 10.000fr à M. **Pierre Bonnet**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour la publication de l'étude géographique et géologique qu'il a faite de la Transcaucasie méridionale au cours de cinq expéditions de 1910 à 1927 (ouverture de crédit);
— 15.000fr à M. **Georges Bourguignon**, membre de l'Académie de médecine, pour l'aménagement d'un laboratoire de recherches d'électrophysiologie et d'électrothérapie à la Salpêtrière;
— 20.000fr à M. **Raymond Jacquot**, directeur du laboratoire de biochimie de la nutrition, pour l'achat d'une centrifugeuse Leune et d'un dispositif fluorimétrique applicable à l'électrophotomètre de Meunier;
— 10.000fr à M. **Philippe Lasseur**, professeur à la Faculté de pharmacie de Nancy, pour ses recherches sur la dissociation microbienne;
— 25.000fr à M. **Jean Laurent**, docteur ès sciences, pour les recherches qu'il poursuit dans son laboratoire privé des études hydrauliques expérimentales;
— 5.000fr à M. **Alfred Leman**, professeur suppléant à la Faculté des sciences de Lille, pour ses recherches sur le dosage de diverses fonctions hydroxylées par estérification pyridinique, ainsi que sur les dérivés du naphtalène;

— 15.000fr à M. **Alexandre-Marcel Monnier**, professeur à la Sorbonne, pour l'achat d'un appareil destiné à ses recherches sur la physiologie de l'audition;

— 10.000fr à Mme **Charles Porcher**, propriétaire-gérante de la Revue « Le Lait », pour la publication de cette Revue;

— 20.000fr à M. **Albert Raynaud**, pour l'impression d'un travail de biologie expérimentale sur les modifications de la différenciation sexuelle des embryons de souris par action des hormones androgènes et œstrogènes.

— 6.000fr à M. **Vsevolod Romanovsky**, boursier de la Caisse nationale de la recherche scientifique, pour une étude des propriétés physiques des complexes telles que vases, boues, argiles, etc.;

— 10.000fr à la **Société nationale d'acclimatation de France**, pour l'aménagement du Laboratoire de la station du Salin de Badon, dans la réserve de Camargue.

Rapporteur : M. A. Lacroix.

FONDATION CHARLES FRÉMONT (2.500fr). — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, L. Bouvier.

Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Oleg Yadoff**, ingénieur-docteur de l'Université de Paris, pour ses recherches sur les décharges électrostatiques et sur les corps phosphorescents.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX HÉLÈNE HELBRONNER-FOULD (4.000fr). — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand, A. Lacroix, L. de Broglie; M. de Broglie, A. de Gramont, L. Martin, C. Gutton, J. Duclaux, G. Roussy, J. Jolly, N..., N..., N....

Le prix est décerné à Mme **Louis De Launay**, née **Marguerite Cornu**, pour la publication des œuvres posthumes de son mari, membre de l'Académie des sciences. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Commissaires : MM. E. Esclangon, G. Bertrand; A. Lacroix, L. de Broglie; R. Bourgeois, L. Bouvier.

Deux allocations de 10.000fr sont accordées :

— à M. **Jacques Dufresnoy**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Bordeaux;

— à M. **André Lichnerowicz**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Strasbourg.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

PRIX D'AUMALE (5.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Girbal-Barral.

Le prix est décerné à Mme **Claude Guichard**, née **Alice Gomet**, en mémoire des travaux de géométrie infinitésimale de son mari, correspondant de l'Académie des sciences. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

LECTURE.

M. **Louis de Broglie**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La vie et l'Œuvre d'Émile Picard.*

A. Lx., L. B.

FIN DU TOME DEUX-CENT-QUINZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1942.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 215.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

Pages.

ABSORPTION DES RADIATIONS. — Voir *Colorants, Rayons X, Spectres d'absorption, Spectroscopie, Ultraviolet.*

ACARIENS. — Voir *Biologie.*

ACIDES. — Voir *Chimie biologique, Spectroscopie.*

ACIDE AZOTHYDRIQUE. — Voir *Photochimie.*

ACIDE FLUORHYDRIQUE. — Voir *Minéralogie.*

ACIDES MINÉRAUX. — Voir *Effet Raman et chimie.*

ACIDE NITRIQUE. — Voir *Ultraviolet.*

ACIDES ORGANIQUES. — Étude de l'acide bisépoxy-(2.6, 8.5) éthyl-5 nonène-2 carboxylique-3; par M. *Marius Badoche* 142

—Sur l'acide mercapto-pyruvique; par M. *Jacques Parrod* 146

— Sur la configuration de l'acide *a* époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3; par MM. *Marcel Delépine* et *Gaston Amiard* 309

— Voir *Complexes chimiques.*

ACIDE SULFHYDRIQUE. — Voir *Rayons X.*

ACIDE SULFURIQUE. — Voir *Cyclohexane et dérivés.*

ACIERS. — Sur le dépôt de ferrite dans les aciers hypoeutectoïdes; par MM. *Henri Jolivet* et *Albert Portevin* 485

— Voir *Physique industrielle.*

ACOUSTIQUE. — Sur la réflexion et la réfraction d'ondes acoustiques à la surface de séparation de deux fluides en repos ou en mouvement relatif de translation; par M. *Ernest Esclangon* 45

ADRÉNALINE. — Voir *Cytophysiologie.*

ADSORPTION. — Voir *Magnétisme.*

ADSORPTION SÉLECTIVE. — Voir *Chimie physique.*

AÉRODYNAMIQUE. — Sur la chambre

Pages.

d'alimentation des souffleries à accumulation; par M. *Jean Villey*. 54
— Pour le calcul des effets du fuselage et des fuseaux-moteurs sur la répartition en envergure des efforts aérodynamiques; par M. *Lucien Malavard*.................... 266
— Voir *Mécanique des fluides*.
ALCOOLS. — Voir *Aldéhydes*, *Physique moléculaire*, *Spectroscopie*.
ALDÉHYDES. — Sur une nouvelle méthode générale de synthèse des aldéhydes aromatiques; par M. *Léonce Bert*............... 187
— Sur un comportement complexe du permanganate de potassium envers une fonction éthylénique, conduisant à un nouveau mode de formation de l'aldéhyde *p*-cuménacétique; par M. *Léonce Bert*....... 276
— Sur quelques dérivés de l'ω-hydroxybutanal; par M. *Raymond Paul*. 303
— Sur une nouvelle méthode synthétique de préparation de l'aldéhyde phénylpropylique et de ses homologues nucléaires; par M. *Léonce Bert*......................... 356
— Voir *Résines phénoliques*.
ALGÈBRE. — Remarques sur les théorèmes d'isomorphisme; par M. *Paul Dubreil*............... 239
— Sur le *nombre de dimensions* d'un module; par M. *Jean Dieudonné*. 563
— Voir *Géométrie*.
ALIMENTATION. — Voir *Botanique agricole*.
ALLIAGES. — Voir *Cuivre*, *Mécanique physique*, *Métallurgie*.
ALUMINE. — Voir *Pédologie*.
ALUMINIUM. — Voir *Physique industrielle*.
ANABASINE. — Voir *Pharmacologie*.
ANALYSE MATHÉMATIQUE. — Sur les différences divisées; par M. *Pau Montel*........................ 193
— Sur quelques formes plus générales des critères de régularité de MM. de La Vallée Poussin et Wiener; par M. *Florin Vasilesco*........ 249
— Voir *Algèbre*, *Ensembles*, *Espaces*, *Fonctions (Théorie des)*, *Probabilités*.
ANATOMIE COMPARÉE. — L'évolution du lobe pariétal du cerveau chez les Singes américains; par M. *Jean Anthony*...................... 589
ANGIOSPERMES. — Voir *Paléobotanique*.
ANISOTROPIE. — Voir *Magnétisme*, *Optique cristalline*.
ANTHOZOAIRES. — Voir *Chimie physique physiologique*.
ANTIMOINE. — Voir *Complexes chimiques*.
ANTISEPTIQUES. — Voir *Bactériologie*.
ARGILES. — Voir *Vitamines*.
ASPHYXIE. — Voir *Chimie physique biologique*.
ASTRONOMIE PHYSIQUE. — Sur la nature des planètes; par M. *Alexandre Dauvillier*..................... 222
— Voir *Optique astronomique*.
ASTRONOMIE STELLAIRE. — Les inclinaisons des étoiles doubles spectroscopiques et la relation masse-luminosité; par M. *Henry Berthomieu*......................... 566
ATOMISTIQUE. — Voir *Spectroscopie*.
AUTOMOBILE. — Voir *Mécanique appliquée*.
AZOTATE D'AMMONIUM. — Voir *Chimie analytique*.
AZOTE. — Voir *Phosphorescence*, *Spectroscopie*.
AZOTURE. — Voir *Électrochimie*, *Photochimie*.

B

BACTÉRIOLOGIE. — Nouvelles expériences sur l'action des antiseptiques sur les Levures; par M. *Jean-A. Reboul*............. 553
— Voir *Médecine expérimentale*.
BALISTIQUE. — Voir *Mécanique*.
BILIRUBINE. — Voir *Chimie physique biologique*.
BIOLOGIE. — La signification évolutive des écarts individuels; par M. *François Grandjean*................. 216
— Sur les deux types généraux de

Pages.

régression numérique chez les Acariens; par M. *François Grandjean*.......... 236
— La corrélation entre la lenteur du développement chez l'Homme et l'étonnante vitalité de son cerveau; par M. *Émile Devaux*.......... 424
— Voir *Chimie physique biologique, Probabilités, Zoologie.*
BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Les étapes de la croissance chez la Limace rouge (*Arion rufus* L.); par M. *Marcel Abeloos*.......... 38
— Évolution des caractéristiques de croissance chez les Mollusques arionidés; par M. *Marcel Abeloos*. 96
— Sur la résistance au froid des œufs *récemment pondus* de *Bombyx Mori*; par M. *Jean Rostand*.......... 73
— L'ablation des corps allates au dernier âge larvaire n'affecte pas, ultérieurement, la reproduction chez *Bombyx mori*; par M. *Jean-Jacques Bounhiol*.......... 334
— Production expérimentale de callosités chez la Grenouille rousse (*Rana temporaria*), dans les semaines qui suivent la métamorphose; par M. *Louis Gallien*. 551
— Voir *Vers.*
BIOLOGIE FLORALE. — Différences de chimisme dans les fleurs de divers types de Renonculacées; par Mme *Cécile Sosa-Bourdouil*.......... 27
— Sur un cas nouveau de xénie chez le Tournesol (*Helianthus annuus* L.); par M. *Louis Blaringhem*.......... 337
BIOLOGIE VÉGÉTALE. — Voir *Hybrides, Physique cosmique.*
BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — Sur la dispersion de la biréfringence magnétique; par M. *Roger Servant*.......... 574
BLÉ. — Voir *Génétique.*
BOTANIQUE. — Sur la zygomorphie florale de quelques espèces de *Rinorea*; par M. *Claude Arnal*... 25
— Voir *Biologie florale, Cytologie végétale, Génétique, Hybrides, Physiologie végétale.*
BOTANIQUE AGRICOLE. — Sur un Lupin pouvant entrer dans la préparation des succédanés du Blé; par M. *Albert Guillaume*.......... 33

C

CALORIMÉTRIE. — Voir *Chimie physique.*
CAMPHOLIDES. — Voir *Cycle lactonique.*
CANCER. — Voir *Pathologie expérimentale.*
CAOUTCHOUC. — Voir *Chimie appliquée, Magnétisme.*
CAPILLARITÉ. — Voir *Vitamines.*
CARBONATES. — Voir *Spectres d'absorption.*
CARBURES AROMATIQUES ET DÉRIVÉS. — Voir *Aldéhydes, Carbures cycliques, Synthèses.*
CARBURES CYCLIQUES ET DÉRIVÉS. — Sur les fréquences propres de quelques carbures cycliques; par M. *Maurice Parodi*.......... 13
— Du 2.3-benzo-1-azachrysène et de ses dérivés; par MM. *Buu-Hoï* et *Paul Cagniant*.......... 144
— Union labile de l'oxygène au carbone. Influence du chlore en 1 sur l'état de labilité de l'oxygène des photoxydes anthracéniques; par MM. *Charles Dufraisse, Léon Velluz* et *Robert Demuynck*.......... 111
— Id. Relations entre la mésomérie du système anthracénique et l'état de labilité de l'oxygène des photooxydes; par MM. *Charles Dufraisse, Robert Demuynck* et *André Allais*.......... 487
— Id. Photooxydation de l'hétérocœrdianthrone; par M. *Charles Dufraisse* et Mlle *Marie-Thérèse Mellier*.......... 541
— Id. Influence de cyclisations supplémentaires; par M. *Charles Dufraisse* et Mlle *Marie-Thérèse Mellier*.......... 576
— Sur quelques composés méthylcyclopentaniques actifs; par MM. *Max Mousseron* et *Robert Granger*.... 161
— Étude de quelques thiols et thio-

Pages.
éthers alicycliques; par M. *Max Mousseron*.................... 201
— Étude de quelques dérivés cyclaniques sulfurés; par M. *Max Mousseron*........................ 357
— Augmentation de cycle en série cyclanique. Série du cyclopentane (dérivés monométhylés), du cycloheptane et de l'indane; par Mlle *Bianca Tchoubar*........... 224
Carbures d'hydrogène et dérivés. — Sur quelques diènes isomères; par M. *René Jacquemain*............ 179
— Sur la fixation d'oxygène par les diènes; par M. *René Jacquemain*. 200
— Voir *Acides organiques, Aldéhydes, Cycle lactonique, Cyclohexane et dérivés, Pharmacodynamie.*
Carotène. — Voir *Vitamines.*
Carotte. — Voir *Cytologie végétale, Histologie végétale.*
Cartes géologiques. — Voir *Géologie.*
Cellulose. — Voir *Chimie physique.*
Celtium. — Voir *Rayons X.*
Cérébrosides. — Sur un glucosidolipide de la rate; par M. *Jacques Polonovski*.................... 443
Cerveau. — Voir *Anatomie comparée, Biologie.*
Cétones. — Sur l'éthyl-3 pentène-3 one-2; par M. *René Heilmann*.... 112
— Voir *Carbures cycliques et dérivés.*
Chaleur. — M. *Charles Fabry* fait hommage de son ouvrage sur la Propagation de la chaleur........... 501
Champignons. — La sporogénèse chez les Basidiomycètes; par M. *G. Malençon*........................ 584
— Mode de formation des ornementations sporales chez les *Ascobolus*; par Mme *Marcelle Le Gal*....... 167
Charbon [Maladie du]. — Voir *Immunologie, Magnétisme.*
Chauffage par induction. — Sur le chauffage de cylindres de faible épaisseur par courants induits de haute fréquence; par M. *Gustave de Montaud*.................... 127
Chemins de fer. — Voir *Mécanique.*
Chimie analytique. — Emploi de la pesée continue pour le dosage de traces d'eau dans l'azotate d'ammonium; par M. *Marcel Guichard*, 20
— Voir *Chimie physique biologique.*

Pages.
Chimie appliquée. — Applications de la spectrographie ultraviolette : étude des transformations du disulfure de tétraméthylthiurame, fonctionnant comme agent de vulcanisation; par MM. *Charles Dufraisse* et *André Jarrijon*.............. 181
Chimie biologique. — Obtention d'une hémine à triazote; par M. *Georges Denigès*....................... 9
— Le vanadium chez les Vertébrés; par M. *Didier Bertrand*......... 150
— Id. chez les Invertébrés; par M. *Didier Bertrand*.................. 205
— Le vanadium dans les Ascidies; par M. *Didier Bertrand*............ 477
— Le molybdène chez les animaux; par M. *Didier Bertrand*......... 590
— Sur les phosphatases des hématies actives en milieu acide (phosphatases acides); par MM. *Jean Roche, Nguyen-van Thoai* et Mlle *Josette Baudoin*...................... 386
— Sur le système phosphatasique de la muqueuse intestinale; par M. *Jean Roche*, Mlles *Simone de Laromiguière* et *Alice Laurens*......... 495
— Voir *Cérébrosides, Chimie végétale, Vitamines.*
Chimie minérale. — Réaction à l'état solide entre le sulfure de fer et le sulfure de cuivre à la température ordinaire; par M. *Hubert Forestier* et Mlle *Jacqueline Longuet*...... 439
— Place des Uranides 93, 94 dans la systématique naturelle des éléments; par M. *Constantin Bedreag*......................... 537
— Voir *Cuivre, Hypochlorites, Tellures, Terres rares.*
Chimie moléculaire. — Voir *Vitamines.*
Chimie nucléaire. — Sur l'étude de la symétrie des ions complexes par les méthodes radiochimiques; par M. *Raymond Daudel*............ 177
— Sur la fréquence des dissociations ioniques des ions complexes binaires en solution aqueuse; par M. *Raymond Daudel*............ 301
Chimie organique. — Voir *Acides organiques, Aldéhydes, Carbures cycliques et dérivés, Carbures d'hydrogène et dérivés, Cétones, Chimie*

Pages.

appliquée, Colorants, Complexes chimiques, Cycle lactonique, Cyclohexane et dérivés, Oxydation, Synthèses.

Chimie pathologique. — L'acidose, cause principale de la polynévrite aviaire; par M. *Raoul Lecoq* 510

Chimie physiologique. — La production du rachitisme expérimental est-elle spécifiquement liée au déséquilibre phosphocalcique de la ration?; par M. *Raoul Lecoq*. . 330

— Voir *Ascidies, Chimie pathologique, Chimie thérapeutique.*

Chimie physique. — Étude calorimétrique de la gélatinisation des nitrocelluloses par le nitrate de méthyle et le nitrate d'éthyle; par Mlle *Jeanne Coutelle* et M. *Édouard Calvet* 138

— Séparation des liquides volatils par adsorption sélective; par MM. *René Dubrisay* et *Bernard Amphoux*.. 157

— Pénétration des ions métalliques dans les corps solides sous l'influence du courant électrique; par MM. *Paul Lamarque, Jean-A. Reboul* et *Raoul Katz* 350

— Influence des ions sur le tassement d'une suspension de poudre de quartz; par M. *Vsevolod Romanovsky* 531

— Voir *Aciers, Conductibilité électrique, Cryoscopie, Électrochimie, Métallurgie, Radioanalyse, Rayons X, Résines phénoliques, Ultraviolet.*

Chimie physique biologique. — Chute de la sensibilité aux rayons X chez la Souris nouveau-née en état d'asphyxie; par M. *Antoine Lacassagne* 231

— Nouvelles expériences sur l'action des rayons X sur les Levures; par M. *Jean Reboul* 261

— Sur le dosage de la bilirubine dans les sérums sanguins; par Mme *Madeleine Roy* et M. *Augustin Boutaric* 425

Chimie physique physiologique. — Étude rœntgénographique de quelques cornéines d'Anthozoaires; par MM. *Georges Champetier* et *Emmanuel Fauré-Frémiet* 94

Chimie thérapeutique. — Nouvelle méthode de synthèse de substances à très haute activité œstrogène; par M. *Charles Mentzer* et Mlle *Geneviève Urbain* 554

— Sur une nouvelle classe de médicaments, les colorants polyméthiniques; par M. *Buu-Hoï* 580

Chimie végétale. — Sur la formation des glucides au cours de la germination du Ricin; par M. *Jacques Houget* 387

— Voir *Colza.*

Chirurgie. — Voir *Radiologie.*

Chlore. — Voir *Carbures cycliques et dérivés. Physique atomique.*

Chrome. — Voir *Optique.*

Ciel nocturne. — Voir *Optique astronomique.*

Cinétique chimique. — Voir *Cuivre.*

Cinématique newtonienne. — Composition des dérivées pour un tenseur euclidien d'un champ relatif; par M. *Charles Platrier* 456

Circuits couplés; fréquences propres. — Application de la fonction U_n de Lucas au calcul des fréquences propres d'ensembles de circuits couplés comportant des relais électroniques; par MM. *Maurice Parodi* et *François Raymond*.... 459

— Voir *Filtre électrique.*

Citrates. — Voir *Complexes chimiques.*

Climatologie. — Voir *Pédologie.*

Colorants. — Sur l'isothioindigo; par M. *Paul Chovin* 419

— Sur l'isooxindigo; par M. *Paul Chovin* 466

— Structure des colorants oxyazoïques d'après leurs spectres d'absorption. Analyse spectrale des acyl-oxyazoïques; par Mme *Pauline Ramart-Lucas* 468

— Voir *Chimie thérapeutique.*

Colza. — Sur la teneur en soufre total et en sénevol des graines de Colza à divers degrés de maturité; par M. *Émile André* et Mme *Madeleine Kogane-Charles* 327

— Sur quelques caractères chimiques des graines de Colza utilisables en vue de sélectionner les meilleures variétés; par M. *Émile André* et Mme *Madeleine Kogane-Charles*.. 587

Complexes chimiques. — Sur les

Pages.
antimoniocitrates alcalins; par MM. *Yves Volmar* et *Georges Geottelmann*.................. 417
Compton [Effet]. — Voir *Physique cristalline.*
Condensation moléculaire. — Voir *Résines phénoliques.*
Conductibilité électrique. — Conductibilités électriques de la thorine aux températures élevées; par M. *Marc Foëx*............. 534
— Voir *Électrochimie.*
Conductibilité électrique des couches minces. — Sur les propriétés électriques des couches minces de nickel; par M. *Antoine Colombani.* 17
Corrosion. — Voir *Minéralogie.*
Côte d'Ivoire. — Voir *Pédologie.*
Couches minces. — Voir *Conductibilité électrique des couches minces, Optique.*
Courant électrique. — Voir *Chimie physique, Redresseurs de courant.*
Cristallographie. — Diffusion anormale des rayons X par le diamant; par M. *André Guinier*.......... 114
— Voir *Optique cristalline, Physique cristalline.*
Croissance. — Voir *Biologie expérimentale.*
Crucifères. — Voir *Génétique.*
Crues. — Voir *Hydraulique, Hydrologie.*
Cryoscopie. — Sur la cryoscopie de l'acide isanique; par MM. *Yves Doucet* et *Marius Fauve*........ 533
Cuivre. — Influence comparée de divers réducteurs sur la désoxydation et l'oxydation du cuivre; par MM. *Albert Portevin, Paul Bastien* et *Léon Guillet fils*....... 414
— Voir *Chimie minérale, Électrochimie.*
Curare. — Hétérogénéité des curares et de leurs propriétés pharmacodynamiques; par M. *Louis Lapicque*......................... 393
Cycle lactonique. — Sur la stabilité du cycle lactonique des α-campholides substituées; par M. *Jean Vène*......................... 159
Cyclohexane et dérivés. — Condensation du cyclohexanol avec des dérivés benzéniques halogénés en présence d'acide sulfurique; par M. *Roger Pajeau*.............. 578
— Voir *Carbures cycliques et dérivés.*
Cytologie animale. — Voir *Cytophysiologie.*
Cytologie végétale. — La diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière des Papavéracées; par Mlle *Marcelle Jouvenel-Marcillac*......... 29
— Le noyau des Papavéracées; par Mlle *Marcelle Jouvenel-Marcillac*.. 67
— Sur les vacuoles des cellules à raphides; par Mme *Germaine Hurel-Py.* 31
— Sur la dédifférenciation des chromoplastes du parenchyme libérien de Carotte en culture de tissus; par M. *Roger Buvat*................ 447
Cytophysiologie. — Nouvelles recherches sur l'action de la vitamine C dans la respiration de la cellule vivante; par M. *Philippe Joyet-Lavergne*...................... 306
— L'action de l'adrénaline sur les oxydations dans la cellule vivante; par M. *Philippe Joyet-Lavergne*.. 384

D

Décharge électrique. — Voir *Spectroscopie.*
Décomposition spectrale. — Voir *Mécanique ondulatoire.*
Diamant. — Voir *Cristallographie.*
Diffusion moléculaire. — Voir *Effet Raman et chimie.*
Diffusion thermique. — Voir *Physique atomique.*
Diptères. — Voir *Entomologie, Zoologie.*
Dispersion. — Voir *Biréfringence magnétique.*
Dispersion cristalline. — Voir *Optique cristalline.*
Dynamique des fluides. — Sur un mode de calcul de la distribution optima de circulation des hélices bipales; par M. *Raymond Siestrunsk*....................... 171
— Sur les régimes de résolution des jets liquides sous l'influence d'un soufflage axial; par M. *Raymond Siestrunck*..................... 404

E

Pages.

ÉCONOMIE RURALE. — Voir *Colza*.

EFFET RAMAN et CHIMIE. — Spectres de Raman et structure des orthophosphates, des phosphites et des hypophosphites; par MM. *Jean-Paul Mathieu* et *Jean Jacques*... 346

— Sur la dépolarisation des raies Raman de l'acide métamolybdique en solution aqueuse; par Mlles *Marcelle Murgier* et *Marie Théodoresco*. 530

ÉLECTRICITÉ. — Voir *Circuits couplés: fréquences propres, Conductibilité électrique, Filtre électrique*.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — Traction électrique automatique et équations de relaxation; par M. *Hippolyte Parodi*.................... 169

ÉLECTROCHIMIE. — Conductibilité des solutions d'azoture de thallium; Mme *Marie-Louise Brouty*....... 61

— Sur la préparation des phosphures de cuivre par électrolyse ignée; par M. *Marcel Chêne*.............. 81

— Sur le mécanisme élémentaire de l'électrolyse aqueuse; par M. *Pierre Jolibois*...................... 319

— Particularités présentées par les ions H et les ions OH; par M. *Pierre Jolibois*...................... 344

ÉLECTROLYSE. — Voir *Électrochimie*.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — Simplification des formules de dimensions électriques et magnétiques; par M. *Émile Brylinski*.............. 103

ÉLECTRONIQUE. — Méthode de séparation des isotopes basée sur l'emploi des champs électriques tournants de haute fréquence; par M. *Julien Martelly*............ 106

— Application des impulsions de rayons X à la mesure de la mobilité des électrons dans les gaz; par M. *Pierre Herreng*..... 79

— Voir *Chimie minérale, Mécanique statistique, Physique cristalline*.

ÉLECTROTECHNIQUE. — A propos de la classification des moteurs à courant continu; par M. *Joseph Bethenod*........................... 109

— Sur l'influence de la saturation d'une bobine inductive à noyau de fer réglée en dissonance; par MM. *Oleg Yadoff* et *Pierre Mathon*....... 429

EMBRYOGÉNIE. — Voir *Biologie expérimentale*.

EMBRYOGÉNIE ANIMALE. — Action de l'hypotonie sur la blastula de l'Oursin *Paracentrotus lividus* Lk.; par M. *Christian Mettetal*....... 227

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — Embryogénie des Oléacées. Développement de l'embryon chez le *Ligustrum ovalifolium* Hassk; par M. *René Souèges*....................... 328

— Id. des Polémoniacées. Développement de l'embryon chez le *Gilia tricolor* Benth; par M. *René Souèges*........................... 543

EMBRYOLOGIE. — M. *Maurice Caullery* fait hommage d'un Volume de la collection « Que Sais-je ? » sur « L'Embryologie »............. 101

EMBRYOLOGIE TÉRATOLOGIQUE. — Sur les processus généraux de la blastogénie dans les kystes blastuléens à membrane fertile, au cours de la parthénogenèse polyembryonique, chez l'Homme; par M. *Albert Peyron*.......................... 229

ENSEMBLES. — Préliminaires à une nouvelle définition de la mesure; par M. *Gustave Choquet*............ 52

— Choix d'une mesure cartésienne Δ. Applications; par M. *Gustave Choquet*....................... 101

— Sur quelques critères nouveaux de stabilité; par M. *Florin Vasilesco*. 296

— Sur le problème de Wiener; solution générale du problème dans le cas le plus général; par M. *Jean Colmez*.......................... 519

ENTOMOLOGIE. — Sur les facteurs déterminant l'apparition des pièges chez les Hyphomycètes prédateurs de Nématodes; par MM. *Robert Deschiens* et *Louis Lamy*........... 450

— Sur les balanciers des Diptères considérés comme organes des sens de

Pages.
l'espace; par M. *Jean Nageotte*... 509
— Voir *Zoologie*.
ÉQUATIONS DE RELAXATION. — Voir *Électricité industrielle*, *Mécanique*, *Mécanique analytique*.
ÉQUILIBRES CHIMIQUES. — Sur la dissociation des solides en cours de fusion. Cas de l'oxyde cuivrique; par M. *Maurice Dodé*........... 139
— Sur l'évolution de la tension d'équilibre des composés en cours de fusion, en cas de miscibilité à l'état solide; par M. *Maurice Dodé*.... 436
ESPACES. — Sur le plus petit corps convexe contenant un arc de courbe dans l'espace à n dimensions; par M. *Bernard Combes*... 291
ÉTOILES DOUBLES. — Voir *Astronomie stellaire*.
ÉVOLUTION. — Voir *Biologie*.

F

FER. — Voir *Aciers*, *Chimie minérale*, *Magnétisme*, *Mécanique physique*, *Métallographie*.
FER OOLITHIQUE. — Voir *Géologie*.
FERRONICKEL. — Voir *Mécanique physique*.
FIÈVRE APHTEUSE. — Voir *Immunologie*.
FIÈVRE TYPHOÏDE. — Voir *Médecine expérimentale*.
FILTRE ÉLECTRIQUE. — Filtre électrique permettant d'obtenir à volonté une ou deux bandes passantes; par M. *Maurice Parodi*........ 572
FLEURS. — Voir *Botanique*.
FONCTIONS [THÉORIE DES]. — Sur une extension du principe de É. Picard; par M. *Georges Biben*......... 12
— Une propriété des surfaces de recouvrement; par M. *Jacques Dufresnoy*.......................... 252
— Un critère de famille normale; par M. *Jacques Dufresnoy*........... 294
— Sur un théorème de M. Golusin; par Mlle *Jacqueline Ferrand*........ 254
— Définition des fonctions plurisousharmoniques; par M. *Pierre Lelong*.......................... 398
— Sur les suites de fonctions plurisousharmoniques; par M. *Pierre Lelong*.......................... 454
FOSSILES. — Voir *Micropaléontologie*.
FRACTURES. — Voir *Radiologie*.
FUSION. — Voir *Équilibres chimiques*, *Métallurgie*.

G

GÉNÉTIQUE. — Modification des grains dans l'Hybride de Blé *Monococcum* × *Vulgare*; par M. *Kuo-Chun Chin*......................... 305
— Comportement cytogénétique d'un hybride amphidiploïde fertile, *Nicotinana tabacum* L. var. *purpurea* Anast. ($n = 24$) × *N. Sylvestris* Speg et Comes ($n = 12$), obtenu après traitement à la colchicine; par MM. *Marc Simonet* et *Alexandre Fardy*........... 378
— Sur quelques hybrides expérimentaux interspécifiques et intergénériques chez les Crucifères; par M. *Robert Chopinet*............ 545
GÉODÉSIE. — Nouvelles déterminations de la pesanteur dans le Nord du Massif Central; par M. *Pierre Lejay*......................... 48
— Mesures de l'intensité de la pesanteur dans le Sud-Ouest de la France pendant l'année 1941, effectuées en mars-avril-mai 1941; par M. *Raoul Goudey*............. 298
— Id. en juin, juillet et août 1941; par M. *Raoul Goudey*.............. 342
— Mesures de l'intensité de la pesanteur en France pendant l'année 1941 (2e série); par M. *Raoul Goudey*.. 458
GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — M. *Emmanuel de Martonne* fait hommage

Pages.

d'une « Géographie physique de la France » 518
— Découverte d'une *tjäle* en rapport avec un sol réticulé dans l'Oisans; par M. *Jean Demangeot* 493
GÉOLOGIE. — Sur les fractures hercyniennes et tertiaires de la Montagne Noire; par M. *Bernard Gèze* .. 115
— Sur la structure de la zone de Corte (Corse); par M. *Pierre Routhier* .. 117
— Sur l'évolution chlorite → limonite dans les minerais de fer oolithique; par M. *Antoine Bonte* 165
— Sur la réversibilité de l'évolution chlorite → limonite; par M. *Antoine Bonte* 190
— Le problème du flysch au Nord du Pelvoux; par M. *Reynold Barbier*. 282
— M. *Charles Jacob* signale la publication des deux dernières feuilles (Oran Nord et Oran Sud) de la « Carte géologique au 1 : 500 000 de l'Algérie » 339
— Ancienneté des actions désertiques dans le Sahara occidental; par MM. *Théodore Monod* et *André Cailleux* 362
— La bordure occidentale de la zone des schistes lustrés entre Geillac et Saint-Véran (Haute-Alpes); par M. *Léon Moret* 365
— Sur les divisions du socle ancien du Sahara Central; par M. *Maurice Lelubre* 367
— Les terrains primaires du Massif du Chenoua (département d'Alger); par MM. *Alexis Lambert* et *Jacques Flandrin* 369
— Le bassin à lignites de Marceau (département d'Alger); par M. *Jacques Flandrin* 370
— Plissements post-pliocènes et mouvements quaternaires dans l'Algérie occidentale; par M. *Robert Laffitte* 372
— Essai de chronologie du Quaternaire ancien; par M. *Franck Bourdier*. 422
— Id. du Quaternaire moyen et supérieur; par M. *Frank Bourdier* 473
— Constitution et puissance de la série primaire de l'Anti-Atlas; par M. *Georges Choubert* 445
— Voir *Géographie physique, Lithologie, Pédologie, Stratigraphie.*
GÉOMÉTRIE. — Remarques sur la détermination des plans multiples représentant une surface algébrique; par M. *Bernard d'Orgeval* 341
— Voir *Probabilités.*
GÉOMÉTRIE A TROIS DIMENSIONS. — Voir *Cinématique newtonienne.*
GÉOMÉTRIE ONDULATOIRE. — Voir *Physique théorique.*
GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — Directrices de Wilczynski; par M. *Marcel Decuyper*. 315
GERMINATION. — Voir *Chimie végétale.*
GLUCIDES. — Voir *Chimie végétale.*
GRAVIMÉTRIE. — Voir *Géodésie.*
GRENOUILLE. — Voir *Biologie expérimentale.*
GROUPES [THÉORIE DES]. — Voir *Algèbre, Ensembles.*

H

HAUTE FRÉQUENCE. — Voir *Chauffage par induction, Électronique.*
HÉMOGLOBINE. — Voir *Chimie biologique.*
HÉMORRAGIE. — Voir *Pharmacodynamie.*
HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — Sur les facteurs de croissance nécessaires aux cultures de tissus de Carotte; par M. *Pierre Nobécourt* 376
— Voir *Cytologie végétale.*
HISTOPHYSIOLOGIE. — Existence de variations dans l'état de développement des tubules glandulaires de la prostate femelle d'*Apodemus sylvaticus*; par M. *Albert Raynaud*. 382
HUILES VÉGÉTALES. — Voir *Colza.*
HYBRIDES. — Sur l'obtention, par le croisement de deux espèces, d'une variété rapportée à une autre espèce, non intervenue dans l'hybridation; par M. *Antoine de Cugnac* 119
— Voir *Génétique.*

Pages.
HYDRAULIQUE. — Sur le principe du maximum de débit d'un réservoir à seuil épais; par M. *Léopold Escande* 198
— Chambre d'équilibre commune à plusieurs canaux d'amenée; par M. *Léopold Escande* 245
— Sur l'utilisation des vortex en tête des évacuateurs de crues à galerie souterraine; par M. *Léopold Escande* 255
— Chambre d'équilibre avec canal d'amenée en Y; par M. *Léopold Escande* 501
— Sur les réserves souterraines de la Cure en amont de Saint-Père; par Mlle *Aimée Péreau* 280
HYDRODYNAMIQUE. — Voir *Dynamique des fluides.*
HYDROGÈNE. — Voir *Métallographie.*
HYPOCHLORITES. — Recherches sur certaines causes de l'évolution des hypochlorites en solution; par M. *Paul Pierron* 354
HYPOPHOSPHITES. — Voir *Effet Raman et chimie.*
HYPOXÉMIE. — Voir *Physiologie.*

I

ICHTYOLOGIE. — Voir *Physiologie comparée, Zoologie.*
IMMUNOLOGIE. — Vaccin aux xanthates contre le typhus épidémique; par M. *Paul Durand* 41
— Action de la protéolyse sur la virulence de la substance nerveuse rabique; par MM. *Pierre Remlinger* et *Jacques Bailly* 389
— De la production, chez le Cheval, d'un sérum doué de propriétés neutralisantes et préventives à l'égard du virus de la fièvre aphteuse; par MM. *Gaston Ramon, Édouard Lemétayer* et *Pierre Minguet* 479
— Immunisation active contre le charbon au moyen d'un vaccin anavirulent et stimulé; par MM. *Gaston Ramon, André Boivin* et *Rémy Richou* 498
INDIGO. — Voir *Colorants.*
INFRAROUGES. — Voir *Spectres d'absorption.*
INTÉGRATION. — Voir *Mécanique analytique.*
INTERFÉRENCES. — Voir *Optique.*
IODE. — Voir *Oxydation.*
IONS. — Voir *Chimie physique, Électrochimie.*
IONS COMPLEXES. — Voir *Chimie nucléaire.*
IONS MÉTALLIQUES. — Voir *Chimie physique.*
ISOMÉRIE. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés.*
ISOMORPHISME [THÉORIE DES]. — Voir *Algèbre.*
ISOPODES. — Voir *Zoologie.*
ISOTOPES. — Voir *Électronique.*

L

LAMES MINCES. — Voir *Conductibilité électrique des couches minces, Physique moléculaire.*
LAMES SEMI-ARGENTÉES. — Voir *Optique.*
LAVES. — Voir *Minéralogie.*
LEVURES. — Voir *Bactériologie, Chimie physique biologique.*
LIGNITES. — Voir *Géologie.*
LIMACE. — Voir *Biologie expérimentale.*
LITHOLOGIE. — Sur quelques roches du Demavend (Perse); par Mme *Élisabeth Jérémine* 163
— Sur les associations de *minéraux lourds* dans quelques formations post-crétacées du Bassin Parisien (région au sud de la Seine); par M. *Boris Brajnikov* 491
— Voir *Minéralogie.*
LOCOMOTIVES. — M. *Maurice Roy* fait

Pages.

hommage de son ouvrage « Du type classique au type futur de la locomotive à vapeur »......... 339
— Voir *Mécanique industrielle.*

Lombrics. — Voir *Vers.*
Luminescence. — Voir *Photochimie.*
Luminosité. — Voir *Astronomie stellaire.*

M

Magnétisme. — Sur les propriétés magnétiques des corps poreux; par M. *Clément Courty*............. 18
— La loi d'additivité des propriétés magnétiques dans les mélanges où interviennent des phénomènes d'absorption; par M. *Augustin Boutaric* et Mlle *Paulette Berthier.* 62
— Viscosité du mercure soumis à l'action d'un champ magnétique; par MM. *Georges Destriau* et *Guy Massieu*..................... 64
— Variation de l'anisotropie magnétique du caoutchouc étiré en fonction de la tension à laquelle il est soumis par Mme *Eugénie Cotton-Feytis*........................ 299
— Sur les propriétés magnétiques du fer inclus dans les charbons actifs; par M. *Clément Courty*.......... 461
— Voir *Électromagnétisme.*
Mécanique. — Système simple d'équations analogue à une équation de relaxation unique; par M. *Hippolyte Parodi*................... 125
— Détermination graphique du cycle limite solution des équations de relaxation; par M. *Hippolyte Parodi*......................... 196
— Voir *Métallurgie.*
Mécanique graphique. — Voir *Mécanique.*
Mécanique analytique. — Méthode d'intégration par arcs successifs des équations de relaxation; par MM. *Hippolyte* et *Maurice Parodi.* 268
Mécanique appliquée. — Influence de la démultiplication de la transmission d'une automobile sur l'accélération du véhicule; par M. *Joseph Bethenod*........... 56
Mécanique céleste. — Formules de contrôle et moyen d'augmenter la précision du calcul des déterminants de la méthode Lagrange-Andoyer pour la détermination d'une orbite keplérienne; par M. *Benjamin de Jekhowsky*..... 220
— Sur les mouvements périodiques d'un corps attiré par deux centres fixes; par M. *Pierre Sémirot*..... 408
Mécanique des fluides. — Sur les mouvements avec sillage; par M. *Florin Vasilesco*........... 317
— Contribution à l'étude de l'écoulement autour de deux profils d'aile; par M. *Pierre Schmitt*.......... 400
— Sur la convection vive d'un fluide s'écoulant en régime turbulent permanent le long d'une plaque; par MM. *Yves Rocard* et *Marcel Véron.* 402
Mécanique industrielle. — Sur un système de transformation de mouvement alternatif en mouvement circulaire applicable aux moteurs rapides à combustion interne; par M. *Louis Castel*..... 481
— Mesures des résistances au roulement au moyen de locomotives électriques ou Diesel-électriques; par M. *Hippolyte Parodi*........ 565
Mécanique ondulatoire. — Sur la théorie des corpuscules de spins quelconques; par M. *Gérard Petiau*.......................... 77
— Sur le principe de décomposition spectrale en Mécanique ondulatoire; par M. *Jean-Louis Destouches*......................... 523
— Voir *Optique ondulatoire.*
Mécanique physique. — Influence de la température sur le coefficient de Poisson des alliages sidérurgiques. Anomalie de ce coefficient liée à la transformation magnétique des ferronickels réversibles; par MM. *Pierre Chevenard* et *Charles Crussard*............... 58
— Déformations des solides; par M. *Christian de Carbon*.......... 241

Pages.

— Voir *Métallurgie*.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — Sur le carré moyen de la distance parcourue par des neutrons lents dans un milieu ralentisseur; par M. *Robert Potier* 270

MÉDECINE. — La transfusion de plasma humain citraté; par MM. *Georges Jeanneney* et *Guy Ringenbach*. .. 97

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — Comportement du Bacille pyocyanique chez la Puce du Rat *Xenopsylla Cheopis*; par MM. *Georges Blanc* et *Marcel Balthazard* 43

— Innocuité pour l'Homme de la piqûre du Pou typhique et données expérimentales sur les conditions de l'infection typhique; par Mme *Hélène Sparrow* et M. *Pierre Mareschal* 389

MERCURE. — Voir *Magnétisme*.

MÉSOMÉRIE. — Voir *Carbures cycliques et dérivés*.

MÉTABOLISME. — Voir *Physiologie végétale*.

MÉTALLOGRAPHIE. — Contribution à l'étude du cheminement de l'hydrogène dans le fer monocristallin et polycristallin; par MM. *Albert Portevin, Georges Chaudron* et *Léon Moreau* 351

MÉTALLURGIE. — Essais de fluage par compression sur des alliages à bas point de fusion; par MM. *Jean de Lacombe* et *Marc Dannenmuller* 271

— Avantages de la méthode de la relaxation pour étudier le fluage des métaux aux températures élevées; par MM. *Pierre Chevenard* et *Xavier Waché* 437

— Voir *Cuivre*.

MÉTAMORPHOSE. — Voir *Biologie expérimentale*.

MÉTÉOROLOGIE. — Sur les vents de sable du Sahara algérien; par M. *Jean Dubief* 374

MÉTRORADIOGRAPHIE. — Voir *Radiologie*.

MICROPALÉONTOLOGIE. — Sur les microfossiles des calcaires siluriens de la Montagne Noire, les Chitinozoaires (Eisenack); par M. *Georges Deflandre* 286

— Sur les Hystrichosphères des calcaires siluriens de la Montagne Noire; par M. *Georges Deflandre*. 475

MINÉRALOGIE. — M. *Alfred Lacroix* fait hommage d'un Mémoire « Les Glaucophanites de la Nouvelle-Calédonie et les roches qui les accompagnent. Leur composition et leur genèse » 5

— Séparation chimique de radioéléments artificiels dans une lave; par Mlle *Simonne Caillère* et M. *Jacques Noetzlin* 22

— Sur un nouveau type de stichtite trouvée dans le massif de serpentines de Bou-Oufroh, Maroc; par Mlle *Simonne Caillère* 420

— Action de l'acide fluorhydrique sur la muscovite; par M. *Robert Delavault* 582

— Voir *Pédologie*.

MISCIBILITÉ. — Voir *Équilibres chimiques*.

MOLLUSQUES. — Voir *Biologie expérimentale*.

MOLYBDÈNE. — Voir *Chimie biologique, Effet Raman et chimie, Tellurures*.

MORPHOLOGIE. — Voir *Protistologie*.

MOTEURS A COMBUSTION INTERNE. — Voir *Mécanique industrielle*.

MOTEURS ÉLECTRIQUES. — Voir *Électrotechnique, Mécanique industrielle*.

MOUVEMENT BROWNIEN. — Voir *Probabilités*.

MYCOLOGIE. — Voir *Champignons*.

N

NÉMATODES. — Voir *Entomologie*.

NEUTRONS. — Voir *Mécanique statistique*.

NICKEL. — Voir *Conductibilité électrique des couches minces, Mécanique physique, Physique moléculaire*.

NICOTINE. — Voir *Pharmacodynamie*.

NITRATES. — Voir *Chimie physique*.

O

Pages.

OCÉANOGRAPHIE. — Étude de la composante semi-annuelle des niveaux marins dans l'archipel asiatique; par M. *Jean Baussan*........... 90

OPTIQUE. — Variations de phase par réflexion normale sur des couches très minces obtenues par projections cathodiques à partir d'une cathode de chrome; par M. *Marcel Perrot*...................... 175

— Utilisation de formules approchées pour l'étude photométrique des anneaux à l'infini des lames semi-argentées; par M. *Jean Roig*..... 463

— Voir ***Biréfringence magnétique, Spectroscopie.***

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — Présence du système de bandes de Lyman de la molécule d'azote dans le rayonnement ultraviolet du ciel nocturne; par M. *Louis Herman*........... 527

OPTIQUE CRISTALLINE. — Sur l'inversion du sens de dispersion d'anisotropie dans quelques cristaux orthorhombiques opaques; par **M. *Léon Capdecomme***........... 88

— Variations, avec la température, des propriétés optiques des cristaux de chlorhydrate de conicine; par M. *Jean Jaffray*................ 489

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — Sur l'achromatisme des systèmes optiques centrés; par M. *André Maréchal*........................ 503

OPTIQUE ONDULATOIRE. — Sur la propagation de l'énergie lumineuse dans les milieux anisotropes; par M. *Louis de Broglie*........... 153

— M. *Louis de Broglie* fait hommage du tome II de son Ouvrage « La Mécanique ondulatoire du photon : une nouvelle théorie de la Lumière ».................... 193

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — Sur l'aberration sphérique de l'œil; par M. *Yves Le Grand*............. 547

OR. — Voir *Rayons X.*

ORBITES. — Voir ***Mécanique céleste.***

OSTÉOLOGIE. — Voir *Zoologie.*

OURSIN. — Voir ***Embryogénie animale.***

OXYDATION. — Action de quelques réactifs oxydants sur la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4; par M. *Eugène Cattelain*........... 257

— Voir *Cuivre.*

OXYDE CUIVRIQUE. — Voir ***Équilibre chimique.***

P

PALÉOBOTANIQUE. — Successions forestières contemporaines du dépôt des lignites quaternaires dans la cluse de Chambéry; par M. *Georges Lemée*........................ 23

— Sur l'existence d'une structure primaire exarche dans les plantules des Angiospermes; par M. *Paul Bertrand*...................... 284

PALÉONTOLOGIE. — Voir ***Géologie, Micropaléontologie.***

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — Voir ***Paléobotanique.***

PAPAVÉRACÉES. — Voir ***Cytologie végétale.***

PARASITOLOGIE. — Voir ***Entomologie.***

PARTHÉNOGENÈSE. — Voir ***Embryologie tératologique, Zoologie.***

PATHOLOGIE ANIMALE. — Voir ***Chimie pathologique.***

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Pouvoir cancérigène du benzopyrène selon le degré de purification; par MM. *Gustave Roussy, Maurice* et *Paul Guérin*.................. 396

— Voir *Toxicologie.*

PÉDOLOGIE. — Sur la présence de complexes siliciques pseudosolubles dans les eaux de drainage; par MM. ***Albert Demolon*** et ***Étienne***

Pages.
Bastisse 188
— Étude statistique de l'action du bioclimat sur les caractères chimicominéralogiques des sols de la Côte d'Ivoire (rapport silice-alumine) ; par M. *Louis Glangeaud*.. 360
— Voir *Géographie physique.*
PERMANGANATE DE POTASSIUM. — Voir *Aldéhydes.*
PESANTEUR. — Voir *Géodésie.*
PHARMACODYNAMIE. — L'Atis doit-il à l'atisine la totalité de ses effets physiologiques ? ; par M. *Raymond-Hamet* 247
— Synthèse d'un nouveau composé hétérocyclique à activité antihémorragique (vitaminique K); par MM. *Paul Meunier* et *Charles Mentzer* 259
— Mise en évidence de l'action vasoconstrictive directe et périphérique du venin desséché de *Bufo Bufo Bufo*; par M. *Raymond-Hamet* 448
— Voir *Curare, Physiologie.*
PHARMACOLOGIE. — Action comparée de l'anabasine et de la nicotine sur la préparation neuromusculaire de Grenouille; par Mlle *Marcelle Beauvallet* 75
— Amphomimétisme de l'acétylcholine. Recherches sur la membrane nictitante du Chat; par MM. *Daniel Danielopolu* et *Ion Marcu* 427
— Voir *Chimie thérapeutique.*
PHÉNOLS. — Voir *Résines phénoliques.*
PHOSPHATASES. — Voir *Chimie biologique.*
PHOSPHATES. — Voir *Effet Raman et chimie.*
PHOSPHITES. — Voir *Effet Raman et chimie.*
PHOSPHORESCENCE. — Sur une phosphorescence verte de l'azote actif; par Mme *Renée Herman* 506
PHOSPHURES MÉTALLIQUES. — Voir *Électrochimie.*
PHOTOCHIMIE. — Sur le rendement quantique de la décomposition photochimique des azotures et de l'acide azothydrique en solution; par M. *Maurice Bonnemay* 65
— Étude spectrale d'une réaction luminescente; par MM. *Paul Groh* et *Albert Kirrmann* 275
PHOTOÉLECTRICITÉ. — Procédé de mesure des faibles courants photoélectriques; par M. *Jean Baurand.* 156
— Détermination du seuil photoélectrique du cuivre; par M. *André Blanc-Lapierre* 321
PHOTOMÉTRIE. — Voir *Optique.*
PHOTON. — Voir *Physique théorique.*
PHOTOXYDES. — Voir *Carbures cycliques et dérivés.*
PHYLOGÉNIE. — Voir *Biologie.*
PHYSICOCHIMIE. — Voir *Chimie physique.*
PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — Voir *Chimie physique biologique.*
PHYSIOLOGIE. — Rôle de la vagotonine dans la résistance à l'hypoxhémie; par MM. *Michel Polonovski, Daniel Santenoise, Jean Cheymol* et *Eugène Stankoff* 148
— Voir *Curare, Entomologie, Pharmacodynamie.*
PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — Recherches sur la lactacidémie chez le Poisson d'eau douce; par MM. *Marcel Secondat* et *Diégo Diaz* 71
— Retentissement plasmatique de l'exercice musculaire chez la Carpe (*Cyprinus carpio* L.); par MM. *Roger Auvergnat* et *Marcel Secondat* 92
PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — Dissociation de la fraction toxique des tumeurs spontanées de la mamelle de Souris; par Mme *N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa* 514
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Action du milieu aquatique sur le métabolisme des protides; par MM. *Raoul Combes, Arthur Brunel* et Mlle *Andrée Chabert* 69
— Voir *Histologie végétale.*
PHYSIQUE. — Détermination, par la *condition de moindre imprécision,* des coefficients d'une formule représentant une courbe expérimentale, où ils figurent linéairement; par M. *Pierre Vernotte*.... 568
— Voir *Acoustique.*
PHYSIQUE ATOMIQUE. — Enrichissement du tétrachlorure de carbone en chlore 37 par diffusion thermique; par M. *André Fournier*... 529

Pages.

— Voir *Spectroscopie*.

PHYSIQUE COSMIQUE. — Les répercussions de l'activité solaire ou cosmique sur certains phénomènes de biologie végétale; par M. *Ernest Esclangon* 212

PHYSIQUE CRISTALLINE. — La diffusion des rayons X par effet Compton est moindre pour un atome engagé dans un cristal que pour le même atome libre; par M. *Jean Laval*.. 278

— Sur une explication possible de l'affaiblissement de l'effet Compton dans les cristaux; par M. *Jean Laval* 359

PHYSIQUE DU GLOBE. — Voir *Optique astronomique*.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — Sur l'aluminiumage à chaud de l'acier; par M. *Michel Alférieff* 433

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — Une nouvelle méthode spectrale; le spectre hertzien des molécules d'alcool; par MM. *Pierre Girard* et *Paul Abadie* 84

— Sur la structure des lames minces de nickel obtenues par projection cathodique; par MM. *Antoine Colombani* et *Jean Wyart* 129

— Voir *Carbures cycliques et dérivés*, *Spectroscopie*.

PHYSIQUE QUANTIQUE. — Voir *Physique théorique*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — Sur l'édification d'une géométrie ondulatoire; par M. *Jean Roubaud-Valette*. 173

— Le photon dans la théorie quantique du rayonnement; par M. *Jacques Yvon* 410

— Produits symétriques; par M. *Jacques Courtois* 570

PLANÈTES. — Voir *Astronomie physique*.

PLISSEMENTS. — Voir *Géologie*.

PLOMB. — Voir *Rayons X*.

POISSONS. — Voir *Physiologie comparée*.

PROBABILITÉS. — Sur un problème de géométrie suggéré par l'étude du mouvement brownien; par M. *Jean Ville* 51

— Mendélisme et consanguinité; par M. *Gustave Malécot* 313

PROTIDES. — Voir *Physiologie végétale*.

PROTISTOLOGIE. — Les affinités et l'évolution des Trichonymphines; par MM. *Pierre-P. Grassé* et *André Hollande* 35

— L'évolution de la morphologie par rapport à l'hôte dans le genre *Trypanosoma*; par M. *Georges Lavier* 39

Q

QUARTZ. — Voir *Chimie physique*.

R

RACHITISME. — Voir *Chimie physiologique*.

RADIOACTIVITÉ. — Sur le spectre continu des rayons β émis par le radiovanadium $^{52}_{23}$V; par M[lle] *Tosiko Yuasa* 414

RADIOANALYSE. — Radioanalyse; par M. *Mladen Paić* 483

RADIOCHIMIE. — Voir *Chimie nucléaire*.

RADIOGRAPHIE. — Voir *Radiologie*.

RADIOLOGIE. — La synthèse rigoureuse des fractures du col du fémur : la réduction, la localisation géométrique, le vissage, en trois temps, se succédant sans interruption; par M. *Gaston Contremoulins*... 512

RAGE. — Voir *Immunologie*.

RAYONNEMENT. — Voir *Physique théorique*.

RAYONNEMENT INFRAROUGE. — Voir *Spectroscopie*.

RAYONS β. — Voir *Radioactivité*.

RAYONS COSMIQUES. — Gerbes de rayons cosmiques contenant

Pages.

des particules asynchrones; par M. *André Fréon* 323

Rayons X. — Spectre L et niveaux caractéristiques du celtium (72) et émissions L faibles du celtium et du tantale; par Mlle *Ioana Manescu* 104

— Spectres L et niveaux caractéristiques du plomb; par Mlle *Yvette Cauchois* 135

— Id. du thallium; par Mlle *Yvette Cauchois* 413

— Id. de l'or; par Mlle *Yvette Cauchois*. 465

— L'action des rayons X sur l'acide sulfhydrique; par M. *Jean Loiseleur* 536

— Voir *Chimie physique biologique, Chimie physique physiologique, Cristallographie, Électronique, Physique cristalline.*

Redresseurs de courant. — Sur le comportement des éléments de redresseurs secs pour des faibles densités de courant; par M. *Clément-Marie Theillaumas* 15

Réduction. — Voir *Cuivre.*

Pages.

Relais électroniques. — Voir *Circuits couplés, Fréquences propres.*

Relativité. — Sur le groupe de déplacement euclidien dans la théorie de la relativité et les critériums expérimentaux; par M. *Pierre Dive* 185

— Ondes ellipsoïdales autour d'une source en mouvement uniforme; par M. *Pierre Dive* 273

Relaxation. — Voir *Électricité industrielle, Mécanique, Métallurgie.*

Renonculacées. — Voir *Biologie florale.*

Reproduction. — Voir *Biologie expérimentale.*

Résines phénoliques. — Sur le mécanisme de la formation des résines phénoliques; par MM. *René Dubrisay* et *Roger Papault* 348

Résistance des matériaux. — Extension de l'emploi de la carte nomographique à la transposition des matériaux et à la transcription des tracés d'organes; par M. *Raymond de Fleury* 406

Ricin. — Voir *Chimie végétale.*

S

Sahara. — Voir *Géologie, Météorologie.*

Sang. — Voir *Chimie physique biologique, Médecine.*

Sels métalliques. — Voir *Spectroscopie.*

Sérologie. — Voir *Chimie physique biologique, Immunologie.*

Sidérurgie. — Voir *Métallographie.*

Silice. — Voir *Pédologie.*

Singes. — Voir *Anatomie comparée.*

Soufre. — Voir *Colza, Rayons X.*

Souris. — Voir *Physiologie pathologique.*

Spectres d'absorption. — Spectres d'absorption infrarouges et structure de carbonates, bicarbonates et thiocarbonates métalliques; par Mme *Raymonde Duval*, MM. *Clément Duval* et *Jean Lecomte* 525

Spectrographie. — Voir *Chimie appliquée.*

Spectroscopie. — Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Explication simple de plusieurs particularités des molécules; par M. *Henri Deslandres*. 5, 558

— Contribution à l'étude du spectre ultraviolet de la molécule d'azote; par Mme *Renée Herman* et M. *Louis Herman* 83

— Extension du système de bandes de Lyman-Birge-Hopfield de la molécule d'azote; par Mme *Renée Herman* et M. *Louis Herman* 133

— Analyse des spectres de vibration de sels métalliques (acides alcools et acides aminés); par MM. *Clément Duval* et *Jean Lecomte* 131

— Détermination dans un jet atomique de durées de vie optiques relativement courtes; par M. *Henri Bruck* 431

— Étude spectroscopique de la décharge diffuse dans l'azote sous la pression atmosphérique; par

Pages.

M. *Joseph Janin* 505
— Voir *Colorants, Optique astronomique, Physique moléculaire, Radioactivité, Rayons X, Spectres d'absorption, Ultraviolet.*
SPINS. — Voir *Mécanique ondulatoire.*
STATISTIQUE. — Voir *Pédologie.*
STRATIGRAPHIE. — La position stratigraphique de la Brèche du Télégraphe; par M. *Reynold Barbier* .. 363
— Voir *Lithologie.*
SUCRES. — Voir *Cérébrosides.*
SULFATE CUIVRIQUE. — Voir *Oxydation.*
SULFURES. — Voir *Chimie minérale.*
SYNTHÈSES. — Sur deux nouvelles synthèses de la quinoléine à partir du benzène et du glycérol; par M. *Léonce Bert* 415
— Voir *Aldéhydes, Chimie thérapeutique.*

T

TABAC. — Voir *Génétique.*
TANTALE. — Voir *Rayons X.*
TÉLÉOSTÉENS. — Voir *Physiologie comparée.*
TELLURURES. — Sur le système binaire tellure-molybdène. Tellurures de molybdène Te^2Mo et Te^3Mo^3; par M. *André Morette* 86
TEMPÉRATURE. — Voir *Métallurgie.*
TENSEURS. — Voir *Cinématique newtonienne.*
TÉRATOLOGIE. — Voir *Embryologie tératologique.*
TERRES RARES. — Nouvelle méthode de précipitation basique appliquée à la séparation des éléments des terres rares; par M. *Félix Trombe.* 539
THALLIUM. — Voir *Rayons X.*
THÉORIES CHIMIQUES. — Sur l'identité des propriétés des covalences et des coordinences; par M. *Jean-Paul Mathieu* 325
THIOÉTHERS. — Voir *Carbures cycliques et dérivés.*
THIOINDIGO. — Voir *Colorants.*
THIOLS. — Voir *Carbures cycliques et dérivés.*
THORINE. — Voir *Conductibilité électrique.*
TOPOLOGIE. — Voir *Ensembles.*
TOURNESOL. — Voir *Biologie florale.*
TOXICOLOGIE. — Disparition progressive du taux de certaines substances réductrices existant dans la peau du Cobaye au cours de tuberculose expérimentale; par M. *Georges Rullier* 549
TRACTION ÉLECTRIQUE. — Voir *Électricité industrielle.*
TRANSFORMATION MAGNÉTIQUE. — Voir *Mécanique physique.*
TRANSFUSION. — Voir *Médecine.*
TRYPANOSOMES. — Voir *Protistologie.*
TUBERCULOSE. — Voir *Toxicologie.*
TUMEURS. — Voir *Physiologie pathologique.*
TYPHUS. — Voir *Médecine expérimentale.*
TYPHUS EXANTHÉMATIQUE. — Voir *Immunologie.*

U

ULTRAVIOLET. — Spectre d'absorption dans l'ultraviolet de l'acide nitrique pur; par M. *René Dalmon* et Mlle *Geneviève Bellin* 136
— Voir *Optique astronomique, Spectroscopie.*
URANIUM. — Voir *Chimie minérale.*

V

Pages.

VACCINATION. — Voir *Immunologie.*
VAGOTONINE. — Voir *Physiologie.*
VALENCES. — Voir *Théories chimiques.*
VANADIUM. — Voir *Chimie biologique, Radioactivité.*
VARIATIONS [THÉORIE DES]. — Mouvements forcés d'un oscillateur soumis à une force dérivant d'un potentiel, à une résistance passive fonction de la vitesse, et à une excitation fonction sinusoïdale du temps; par M. *Roger Brard*...... 521
VENINS. — Voir *Pharmacodynamie.*
VENTS. — Voir *Météorologie.*
VERS. — Sur l'autonomie de la différenciation des régénérats céphaliques chez les Lombrics; par M. *Marcel Avel*.......................... 333
VERS A SOIE. — Voir *Biologie expérimentale.*
VERTÉBRÉS. — Voir *Chimie biologique.*

Pages.

VISCOSITÉ. — Voir *Magnétisme.*
VITAMINES. — De l'action des argiles montmorillonites sur la vitamine A et les phénomènes de mésomérie dans le groupe des caroténoïdes; par M. *Paul Meunier*........... 470
— Sur la nature de la vitamine P. Activité de la catéchine (pentahydroxyphénylbenzo -γ - pyranne) sur la résistance capillaire; par MM. *Jean Lavollay* et *Jean-Louis Parrot*.......................... 496
— Voir *Cytophysiologie.*
VOLCANOLOGIE. — Une éruption du Piton de la Fournaise (Ile de la Réunion) en 1942; par M. *Alfred Lacroix* 517
— Voir *Minéralogie.*
VULCANISATION. — Voir *Chimie appliquée.*

Z

ZOOLOGIE. — Sur quelques coaptations sexuelles ches les mâles des *Haplophtalminæ* (Isopodes terrestres); par M. *Jean-Jacques Legrand*... 122
— Id. des *Trichoniscinæ* et *Armadillidiidæ* (Isopodes terrestres); par M. *Jean-Jacques Legrand*....... 182
— État pair de la neuracanthe des métamères antérieurs et inégalité métamérique et hémisomatique de la potentialité d'ossification des éléments arcuaux, chez *Clupea harengus*; par M. *Paul Chabanaud*........................ 203
— Les côtes et le squelette intermusculaire de *Clupea harengus*; par M. *Paul Chabanaud*............. 380
— Sur l'existence d'une parthénogenèse constante thélytoque chez *Psychoda severini* Tonnoir (Diptères); par M. *Roger Mirouze*........... 226

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

ACADÉMIE. — M. le *Président* annonce un déplacement de séance à la l'occasion du 14 juillet.......... 5
— Id. à l'occasion de la fête de l'Assomption...................... 153
— M. le *Secrétaire perpétuel* annonce que le tome 65, 2e série des « Mémoires » de l'Académie est en distribution.................... 245

Pages.
— M. le *Président* annonce un déplacement de séance à l'occasion de la séance annuelle des cinq Académies 309
— M. *Charles Maurain* est élu Vice-Président pour l'année 1943 517
— Allocution de M. *Ernest Esclangon* prononcée en la séance annuelle des prix 593

Pages.
ARRÊTÉS. — Approuvant l'élection de M. *Joseph Pérès* en remplacement de M. *Léon Lecornu* 45
— Id. de M. *Emmanuel de Martonne* en remplacement de M. *E. Fichot*, et de M. *Louis Fage*, en remplacement de M. *P. Marchal* 453
— Id. de M. *Léon Binet* en remplacement de M. *A. d'Arsonval* 481

B

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE. — 124, 208, 264, 392, 516

C

CANDIDATURES. — M. *Emmanuel Fauré-Frémiet* pose sa candidature à la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par la mort de M. *P. Marchal* 11
— M. *Louis Fage* fait de même 50
— M. *Robert Courrier* fait de même ... 220
— M. *Pierre Tardi* pose sa candidature à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par la mort de M. *E. Fichot* 101
— M. *Georges Schaeffer* pose sa candidature à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. *A. d'Arsonval* .. 249
— M. *Léon Binet* fait de même 265
— Liste de candidats à la place vacante par la mort de M. *P. Marchal* : en première ligne, M. *Louis Fage*; en seconde ligne, MM. *Christian Champy, Robert Courrier, Emmanuel Fauré-Frémiet, René Jeannel* et *Étienne Rabaud* 308
— Liste de candidats à la place vacante par la mort de M. *E. Fichot* : en première ligne, M. *Emmanuel de Martonne*; en seconde ligne, M. *André Courtier*; en troisième ligne, MM. *Henri Roussilhe, Pierre Tardi* et *Jean Vignal* 336
— M. *Albert Portevin* pose sa candidature à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par la mort de M. *M. Laubeuf* 340
— Liste de candidats à la place vacante par la mort de M. *A. d'Arsonval* : en première ligne, M. *Léon Binet*; en seconde ligne, MM. *Henri Piéron* et *Georges Schaeffer* 391
— MM. *André Kling, Albert Pérard, Pierre Chevenard* posent leurs candidature à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres 398
— M. *Joseph Bougault* pose sa candidature à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par la mort de M. *A. Desgrez* 501
— Liste de candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par la mort de M. *M. Laubeuf* : en première ligne, M. *Albert Portevin*; en seconde ligne, MM. *Paul Boucherot, Louis Bréguet* et *Émile Brylinski* 516
— Liste de candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par la mort de M. *P. Séjourné* : en première ligne, M. *Joseph Bethenod*; en seconde ligne, M. *Albert Pérard*; en troisième ligne, MM. *Pierre Chevenard* et *André Kling* 500
— M. *Louis Hackspill* pose sa candida-

Pages.
ture à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres 519
COMMISSIONS ACADÉMIQUES. — MM. *A. Cotton*, *L. de Broglie*, *L. Bouvier*, *A. Lacroix*, *C. Gutton*, *J. Jolly* sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, présentera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par la mort de M. *P. Séjourné* 429
— MM. *A. Caquot*, *P. Montel*, *Ch. Mauguin*, *P. Lebeau*, *G. Charpy*, *L. Guillet* sont élus Membres de la Commission, qui, sous la présidence de M. le Président, présentera une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par la mort de M. *M. Laubeuf*. 453
— MM. *A. Cotton*. *G. Perrier*, *M. Caullery*, *M. Delépine*, *A. de Gramont*, *C. Gutton* sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, présentera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacantepar la mort de M. *Alexandre Desgrez*... 562
COMMISSIONS ADMINISTRATIVES. — MM. *Robert Bourgeois* et *Louis Bouvier*, sont réélus Membres des Commissions administratives 517
CONSEIL SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE PUBLIQUE DE FRANCE. — M. le *Secrétaire d'État à la Santé publique* invite l'Académie à lui présenter une liste de trois de ses Membres, dont l'un sera nommé Membre de ce Conseil.................... 265

D

DÉCÈS DE MEMBRES ET DE CORRESPONDANTS. — De Sir *J. J. Thomson*, M. *Tullio Levi-Civita* et *Sir W. H. Bragg*........................ 77
— De M. *Charles Eugène Guye*....... 125
— De M. *Edmond Rothé*............. 209

E

ÉLECTIONS DE MEMBRES ET DE CORRESPONDANTS. — M. *Emmanuel de Martonne* est élu Membre de la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *E. Fichot*, décédé.................. 340
— M. *Louis Fage* est élu Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie en remplacement de M. *P. Marchal*, décédé........................ 340
— M. *Léon Binet* est élu Membre de la Section de Médecine et de Chirurgie en remplacement de M. *A. d'Arsonval*, décédé.................. 397
— M. *Joseph Bethenod* est élu Membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. *Paul Séjourné*, décédé................ 519
— M. *Albert Portevin* est élu Membre de la Section des Applications de la Science à l'Industrie en remplacement de M. *Maxime Laubeuf*, décédé........................ 519
ERRATA............................ 100

H

HISTOIRE DES SCIENCES. — M. *Auguste Chevalier* fait hommage de son ouvrage « Paul Bert, précurseur de l'organisation des recherches scientifiques dans les colonies »....... 312
— M. *Armand de Gramont* fait hommage d'une série de photographies prises par son fils pendant les séances et réunies sous le titre « Académie des Sciences 1941 »............. 196
— Le centième anniversaire de la réforme des poids atomiques; par M. *Marc Tiffeneau*.............. 214

I

Pages.

Institut national agronomique. — M. *Gabriel Bertrand* est désigné pour faire partie du Conseil d'administration de cet Institut en remplacement de M. *P. Marchal*, décédé.................... 501

N

Notices historiques. — M. *Maurice Caullery* fait hommage d'une Notice sur *Paul Marchal* (1862-1942). 196
— La vie et l'œuvre d'Émile Picard; par M. *Louis de Broglie*......... 620
Notices nécrologiques. — Sur *Charles Eugène Guye*; par M. *Louis de Broglie*....................... 209
— Sur M. *Tullio Levi-Civita*; par M. *Élie Cartan*................ 233
— Sur M. *Edmond Rothé*; par M. *Charles Maurain*...................... 289
— Sur Sir *Joseph John Thomson*; par M. *Maurice de Broglie*.......... 557

P

Prix et subventions. — Tableaux des prix et subventions attribués en 1942....................... 609
Prix Volney. — M. *Louis de Broglie* est élu membre de la Commission du prix Volney en remplacement de M. *Ém. Picard* décédé........ 125

TABLE DES AUTEURS.

A

MM. Pages.

ABADIE (Paul). — Un prix Pierre Lafitte lui est décerné 611
— Voir *Girard* (*Pierre*) et *Paul Abadie*. 84
ABELOOS (Marcel). — Les étapes de la croissance chez la Limace rouge (*Arion rufus* L.) 38
— Évolution des caractéristiques de croissance chez les Mollusques arionidés 96
ACADÉMIE DES SCIENCES DE STOCKHOLM. — Voir *Scheele* (*Carl Wilhelm*) 245
ACHARD (Charles). — Porté sur une liste pour la désignation d'un Membre du Conseil supérieur d'hygiène publique de France 265
ALFÉRIEFF (Michel). — Sur l'aluminiumage à chaud de l'acier 433
ALLAIS (André). — Voir *Dufraisse* (*Charles*), *Robert Demuynck* et *André Allais* 487
ALLORGE (Pierre). — Voir *Lacroix* (*Alfred*) 453
AMIARD (Gaston). — Voir *Delépine* (*Marcel*) et *Gaston Amiard* 309
AMPHOUX (Bernard). — Voir *Dubrisay* (*René*) et *Bernard Amphoux*. 157
ANDRÉ (Émile) et Mme Madeleine KOGANE-CHARLES. — Sur la teneur en soufre total et en sénevol des graines de Colza à divers degrés de maturité 327
— Sur quelques caractères chimiques des graines de Colza utilisables en vue de sélectionner les meilleures variétés 587
ANTHONY (Jean). — L'évolution du lobe pariétal du cerveau chez les Singes américains 589
ARNAL (Claude). — Sur la zygomorphie florale de quelques espèces de *Rinorea* 25
ARNULF (Albert). — Le prix Henri de Parville de physique lui est décerné 610
ARSONVAL (Arsène d'). — Son remplacement dans la Section de Médecine et Chirurgie, 249, 265, 391, 397 481
ARVANITAKI (Mlle Angélique). — Le prix Barbier lui est décerné ... 613
AUVERGNAT (Roger) et Marcel SECONDAT. — Retentissement plasmatique de l'exercice musculaire chez la Carpe (*Cyprinus carpio* L.) 92
AVEL (Marcel). — Sur l'autonomie de la différenciation des régénérats céphaliques chez les Lombrics ... 333

B

BABLET (Jean). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée 619
BADOCHE (Marius). — Étude de l'acide bisépoxy-(2.6, 8.51) éthyl-5 nonène-2 carboxylique-3 142
BAILLEUL (Louis-Charles). — Louis-Charles Bailleul, 1876-1941, par *Louis Chauvois* (imp.) 481
BAILLY (Jacques). — Voir *Remlinger* (*Pierre*) et *Jacques Bailly*, 389, 613
BALTAZARD (Marcel). — Voir *Blanc* (*Georges*) et *Marcel Baltazard* ... 43
BARBIER (Reynold). — Le problème du flysch au Nord du Pelvoux ... 282
— La position stratigraphique de la Brèche du Télégraphe 363
BARCHEWITZ (Pierre). — Un prix

MM. Pages.

Clément Félix lui est décerné.... 611
BARRABÉ (Louis). — Le prix Cuvier lui est décerné.................. 612
BASTIEN (Paul). — Voir *Portevin (Albert), Paul Bastien* et *Léon Guillet.* 441
BASTISSE (Étienne). — Voir *Demolon (Albert)* et *Étienne Bastisse*...... 188
BAUDOIN (Mlle Josette). — Voir *Roche (Jean), Nguyen van Thoai* et Mlle *Josette Baudoin*......... 386
BAURAND (Jean). — Procédé de mesure des faibles courants photoélectriques........................ 156
BAUSSAN (Jean). — Étude de la composante semi-annuelle des niveaux marins dans l'archipel asiatique. 90
BEAUVALLET (Mlle Marcelle). — Action comparée de l'anabasine et de la nicotine sur la préparation neuro-musculaire de Grenouille... 75
BEDREAG (Constantin). — Place des Uranides 93, 94 dans la systématique naturelle des éléments..... 537
BÉGHIN (Henri). — Le prix du Général Muteau lui est décerné....... 617
BELLIN (Mlle Geneviève). — Voir *Dalmon (René)* et Mlle *Geneviève Bellin*.......................... 136
BÉNARD (Henri). — Voir *Polonovski (Michel)*...................... 454
BENOIT (Paul). — Le prix Montyon de physiologie lui est décerné.... 614
BERNARD (Francis). — Un prix Henri Becquerel lui est décerné........ 618
BERT (Léonce). — Sur une nouvelle méthode générale de synthèse des aldéhydes aromatiques.......... 187
— Sur un comportement complexe du permanganate de potassium envers une fonction éthylénique, conduisant à un nouveau mode de formation de l'aldéhyde *p*-cuménacétique........................ 276
— Sur une nouvelle méthode synthétique de préparation de l'aldéhyde phénylpropylique et de ces homologues nucléaires................ 356
— Sur deux nouvelles synthèses de la quinoléine à partir du benzène et du glycérol.................... 415
BERT (Paul). — Voir *Chevalier (Auguste)*........................ 312
BERTHELON (Maurice). — Une subvention Loutreuil lui est accordée. 618

MM. Pages.

BERTHIER (Mlle Paulette). — Voir *Boutaric (Augustin)* et Mlle *Paulette Berthier*.................. 62
BERTHOMIEU (Henry). — Les inclinaisons des étoiles doubles spectroscopiques et la relation masse-luminosité...................... 566
BERTIN (Léon). — Le prix Bordin des Sciences physiques lui est décerné....................... 615
BERTRAND (Didier). — Le vanadium chez les Vertébrés............. 150
— Id. chez les Invertébrés........... 205
— Id. dans les Ascidies.............. 477
— Le molybdène chez les animaux.... 590
— Le prix Lonchampt lui est décerné. 616
BERTRAND (Gabriel). — Annonce un déplacement de séance à l'occasion de la séance annuelle des cinq Académies................. 309
— Membre du Conseil d'administration de l'Institut National Agronomique en remplacement de M. *Paul Marchal*, décédé............... 501
— Rapport du prix Montyon des arts insalubres..................... 611
— Rapport du prix Lac............. 612
— Id. du prix Henry Wilde.......... 616
BERTRAND (Paul). — Sur l'existence d'une structure primaire exarche dans les plantules des Angiospermes...................... 284
BETHENOD (Joseph). — Influence de la démultiplication de la transmission d'une automobile sur l'accélération du véhicule............. 56
— *Erratum* relatif à une précédente communication (214, 1942, p. 877). 100
— A propos de la classification des moteurs à courant continu...... 109
— Présenté en première ligne pour la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par la mort de M. *Paul Séjourné*........... 500
— Élu............................ 519
BETIER (Gaston). — Directeur du Service géologique de l'Algérie...... 339
BIBEN (Georges). — A propos du principe de É. Picard............. 12
BINET (Léon). — Pose sa candidature à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. *Arsène d'Arsonval*... 265

MM. Pages.
— Présenté en première ligne........ 391
— Élu............................ 397
— Son élection est approuvée........ 481
BLANC (GEORGES) et MARCEL BALTAZARD. — Comportement du Bacille pyocyanique chez la Puce du Rat *Xenopsylla Cheopis*...... 43
BLANCHARD (G.-L.). — Voir *Danty-Lafrance (Louis)* et *divers*....... 398
BLANC-LAPIERRE (ANDRÉ). — Détermination du seuil photoélectrique du cuivre................ 321
BLARINGHEM (LOUIS). — Sur un cas nouveau de xénie chez le Tournesol (*Helianthus annuus* L)..... 337
— Rapport du prix de Coincy........ 612
— Id. du prix Nicolas Zvorikine...... 612
— Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée................ 619
BLONDEL (FERNAND). — La Recherche scientifique des gisements minéraux (imp.)................ 265
BOIVIN (ANDRÉ). — Voir *Polonovski (Michel)*....................... 454
— Voir *Ramon (Gaston), André Boivin* et *Rémy Richou*................ 498
BONNEMAY (MAURICE). — Sur le rendement quantique de la décomposition photochimique des azotures et de l'acide azothydrique en solution..................... 65
BONNET (PIERRE). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée........................... 619
BONTE (ANTOINE). — Sur l'évolution chlorite → limonite dans les minerais de fer oolithique........... 165
— Sur la réversibilité de l'évolution chlorite → limonite............. 190
BOREL (ÉMILE). — Rapport du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences.................... 615
— Id. des prix Houllevigue, Jules Mahyer........................... 616
BOUCHEROT (PAUL). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *Maxime Laubeuf*.... 516
BOUGAULT (JOSEPH). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par la mort de M. *A. Desgrez*..... 501
BOULANGER (PAUL). — Voir *Polonovski (Michel)*.................. 454
BOUNHIOL (JEAN-JACQUES). — L'ablation des corps allates au dernier âge larvaire n'affecte pas, ultérieurement, la reproduction chez *Bombyx mori*....................... 334
BOURDIER (FRANCK). — Essai de chronologie du Quaternaire ancien. 422
— Id. du Quaternaire moyen et supérieur.......................... 473
BOURGEOIS (ROBERT). — Réélu Membre des Commissions administratives..................... 517
— Rapport du prix Delalande-Guérineau.......................... 609
— Id. du prix Binoux de géographie.. 610
BOURGUIGNON (GEORGES). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée................ 619
BOUTARIC (AUGUSTIN). — Voir *Estripeaut (Raoul)*.................. 169
— Voir *Roy* (Mme *Madeleine*) et M. *Augustin Boutaric*................. 425
BOUTARIC (AUGUSTIN) et Mlle PAULETTE BERTHIER. — La loi d'additivité des propriétés magnétiques dans les mélanges où interviennent des phénomènes d'adsorption........................... 62
BOUTARIC (Mme AUGUSTIN) née MADELEINE ROY. — Voir *Roy* (Mme *Madeleine*).
BOUVIER (LOUIS). — Le prix Albert Ier de Monaco lui est décerné. 617
— Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par la mort de M. *Paul Séjourné*........... 429
— Réélu membre des Commissions administratives................. 517
BRAGG (Sir WILLIAM). — L'Académie reçoit confirmation de sa mort... 77
BRAJNIKOV (BORIS). — Sur les associations de *minéraux lourds* dans quelques formations post-crétacées du Bassin Parisien (région au sud de la Seine).................. 491
BRARD (ROGER). — Mouvements forcés d'un oscillateur soumis à une force dérivant d'un potentiel, à une résistance passive fonction de la vitesse, et à une excitation fonction

MM. Pages.

sinusoïdale du temps........... 521

BRÉGUET (Louis). — Présenté en seconde ligne, pour la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *Maxime Laubeuf*.......................... 516

BREMER (Frédéric). — Un prix Montyon de médecine et chirurgie lui est décerné.................... 613

BRICARD (Jean). — Un prix Clément-Félix lui est décerné........... 611

BRISKAS (Sotirios B.). — Voir *Polonovski (Michel)*................. 454

BROGLIE (Louis de). — Sur la propagation de l'énergie lumineuse dans les milieux anisotropes..... 153

— Fait hommage du tome II : « Les interactions entre les photons et la matière » de son Ouvrage : « La Mécanique ondulatoire du photon. Une nouvelle théorie de la Lumière »..................... 193

— Notice sur la vie et les travaux de *Charles Eugène Guye*........... 209

— Lit une Notice sur la vie et l'œuvre d'*Émile Picard*................. 620

— Fait part que l'Académie a reçu confirmation de la mort de Sir *J. J. Thomson*, M. *Tullio Levi-Civita* et Sir *W. H. Bragg*............. 77

— Membre de la Commission du prix Volney en remplacement de M. *Émile Picard*, décédé........ 125

— Annonce que le tome soixante-cinquième, des Mémoires de l'Académie est en distribution au Secrétariat......................... 245

— Dépose sur le bureau un Mémoire de M. *Vito Volterra* : « Energia nei fenomeni elastici ereditarii »..... 249

— Dépose sur le bureau deux Ouvrages publiés par le *Bureau des Longitudes* : Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1943, et Éphémérides nautiques ou Extrait de la Connaissance des temps pour l'an 1942 et pour l'an 1943..... 265

— Id. le tome XII de la « Description géométrique détaillée des Alpes françaises », par *Paul Helbronner*, « Massifs des Alpes Maritimes et Tables générales »............. 289

— Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par la mort de M. *Paul Séjourné*.............. 429

— Rapport du prix Henri de Parville d'ouvrages de Sciences......... 615

— Id. de la fondation Mme Victor Noury............................ 619

— Id. des fondations Charles Frémont, Girbal-Baral, prix d'Aumale.... 620

BROGLIE (Maurice de). — Notice sur la vie et les travaux de Sir *Joseph John Thomson*............. 557

BROUTY (Mme Jacques), née Marie-Louise CLAUDEL. — Conductibilité des solutions d'azoture de thallium...................... 61

BRUCK (Henri). — Détermination dans un jet atomique de durées de vie optiques relativement courtes 431

BRUN (Edmond). — Un prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences lui est décerné.................... 615

BRUNEL (Arthur). — Voir *Combes (Raoul), Arthur Brunel* et Mlle *Andrée Chabert*.................. 69

BRYLINSKI (Émile). — Simplification des formules de dimensions électriques et magnétiques......... 103

— Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *Maxime Laubeuf*....................... 516

BUISSON (Maurice). — Essais de géotechnique. I. Caractéristiques physiques et mécaniques des sols (imp.)........................ 291

BUREAU (Robert). — Un prix du Général Ferrié lui est décerné...... 611

BUREAU DES LONGITUDES. — Voir *Broglie (Louis de)*.............. 265

BUU HOÏ. — Voir *Hoï (N. P. Buu)*.

BUVAT (Roger). — Sur la dédifférenciation des chromoplastes du parenchyme libérien de Carotte en cultures de tissus.............. 447

C

MM. Pages.

CAGNIANT (Paul). — Voir *Hoï* (*N. P. Buu*) et *Paul Cagniant* 144

CAILLÈRE (Mlle Simonne). — Sur un nouveau type de stichtite trouvée dans le massif de serpentines de Bou-Oufroh, Maroc 420

CAILLÈRE (Mlle Simonne) et M. Jacques NOETZLIN. — Séparation chimique de radioéléments artificiels dans une lave 22

CAILLEUX (André). — Voir *Monod* (*Théodore*) et *André Cailleux* 362

CALVET (Édouard). — Voir *Coutelle* (Mlle *Jeanne*) et M. *Édouard Calvet* 138

CAMICHEL (Henri). — Le prix Lalande lui est décerné 609

CAPDECOMME (Léon). — Sur l'inversion du sens de dispersion d'anisotropie dans quelques cristaux orthorhombiques opaques 88

CAQUOT (Albert). — Rapport du prix Caméré 616

— Id. du prix Alexandre Darracq 617

— Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *Maxime Laubeuf* 453

CARBON (Christian de). — Déformation des solides 241

CARTAN (Élie). — Notice sur M. *Tullio Levi-Civita* 233

— Rapport du prix Francœur 609

— Id. du Grand Prix des Sciences mathématiques 615

— Id. du prix Le Conte 616

CASTEL (Louis). — Sur un système de transformation de mouvement alternatif en mouvement circulaire applicable aux moteurs rapides à combustion interne 481

CASTEL (Rémy). — Voir *Decary* (*Raymond*) et *Rémy Castel* 101

CATTELAIN (Eugène). — Action de quelques réactifs oxydants sur la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4 257

CAUCHOIS (Mlle Yvette). — Spectres L et niveaux caractéristiques du plomb 135

— Id. du thallium 413

— Id. de l'or 465

— Un prix Jérôme Ponti lui est décerné. 618

CAULLERY (Maurice). — Fait hommage d'un Volume de la collection « Que sais-je ? » sur « L'Embryologie » 101

— Id. d'une Notice sur *Paul Marchal* (1862-1942) 196

— Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par la mort de M. *Alexandre Desgrez* 562

— Rapport du prix Albert Ier de Monaco 617

CHABANAUD (Paul). — État pair de la neuracanthe des métamères antérieurs et inégalité métamérique et hémisomatique de la potentialité d'ossification des éléments arcuaux, chez *Clupea harengus* 203

— Les côtes et le squelette intermusculaire de *Clupea harengus* 380

CHABERT (Mlle Andrée). — Voir *Combes* (*Raoul*), *Arthur Brunel* et Mlle *Andrée Chabert* 69

CHAMPETIER (Georges) et Emmanuel FAURÉ-FRÉMIET. — Étude rœntgénographique de quelques cornéines d'Anthozoaires... 94

CHAMPY (Christian). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par la mort de M. *Paul Marchal* 308

— Obtient des suffrages 340

CHARPY (Georges). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par la mort de M. *Maxime*

MM. Pages.
Laubeuf 453
CHARTON (André). — Une subvention Loutreuil lui est accordée... 618
CHAUDRON (Georges). — Voir *Portevin (Albert), Georges Chaudron* et *Léon Moreau* 351
CHAUVIN (André). — Voir *Danty-Lafrance (Louis)* et *divers* 398
CHAUVIN (Rémy). — Le prix Da Gama Machado lui est décerné... 613
CHAUVOIS (Louis). — Louis-Charles Bailleul, 1876-1941 (imp.) 481
— Le prix Bellion lui est décerné 613
CHÊNE (Marcel). — Sur la préparation des phosphures de cuivre par électrolyse ignée 81
CHESNAIS (Francis). — Le prix Gustave Roux lui est décerné 616
CHEVALIER (Auguste). — Fait hommage d'une Notice : « Paul Bert, précurseur de l'organisation des recherches scientifiques dans les colonies » 312
— Id. de deux Ouvrages : « Le Tabac » (en collaboration avec M. *F. Emmanuel*), « Le Coton » (en collaboration avec M. *Pierre Senay*) 397
— Rapport du prix Montagne 612
CHEVALIER (Jean). — Voir *Danty-Lafrance (Louis)* et *divers* 398
CHEVENARD (Pierre). — Pose sa candidature à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres 398
— Présenté en troisième ligne pour la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par la mort de M. *Paul Séjourné* 500
CHEVENARD (Pierre) et Charles CRUSSARD. — Influence de la température sur le coefficient de Poisson des alliages sidérurgiques. Anomalie de ce coefficient liée à la transformation magnétique des ferronickels réversibles 58
CHEVENARD (Pierre) et Xavier WACHÉ. — Avantages de la méthode de la relaxation pour étudier le fluage des métaux aux températures élevées 437
CHEVEY (Pierre) et F. LE POULAIN. — La Pêche dans les eaux douces du Cambodge, *in* 5e Mémore des Travaux de l'Institut océanographique de l'Indochine (imp.) 156
CHEYMOL (Jean). — Voir *Polonovski (Michel)* et *divers* 148
CHIN (Kuo Chun). — Voir *Kuo Chun Chin.*
CHOPINET (Robert). — Sur quelques hybrides expérimentaux interspécifiques et intergénériques chez les Crucifères 545
CHOQUET (Gustave). — Préliminaires à une nouvelle définition de la mesure 52
— Choix d'une mesure cartésienne Δ. Applications 101
CHOUBERT (Georges). — Constitution et puissance de la série primaire de l'Anti-Atlas 445
CHOVIN (Paul). — Sur l'isothioindigo 419
— Sur l'isooxindigo 466
COLIN (Henri). — Fait hommage d'un Mémoire : « Les Glucides du Topinambour » 453
— Une subvention Loutreuil lui est accordée 618
COLMEZ (Jean). — Sur le problème de Wiener; solution générale du problème dans le cas le plus général. 519
COLOMBANI (Antoine). — Sur les propriétés électriques des couches minces de nickel 17
COLOMBANI (Antoine) et Jean WYART. — Sur la structure des lames minces de nickel obtenues par projection cathodique 129
COMBES (Bernard). — Sur le plus petit corps convexe contenant un arc de courbe dans l'espace à n dimensions 291
COMBES (Raoul), Arthur BRUNEL et Mlle Andrée CHABERT. — Action du milieu aquatique sur le métabolisme des protides 69
CONTREMOULINS (Gaston). — La synthèse rigoureuse des fractures du col du fémur : la réduction, la localisation géométrique, le vissage, en trois temps se succédant sans interruption 512
COTTON (Aimé). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante parmi les Académiciens

MM. Pages.

libres par la mort de M. *Paul Séjourné*........................ 429
— Id. par la mort de M. *Alexandre Desgrez*........................ 562
— Rapports des prix L. La Caze de physique, Kastner-Boursault, Hughes. 610
— Id. des prix Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément-Félix.................. 611
— Id. du prix Marquet............. 617
COTTON (Mme AIMÉ), née EUGÉNIE FEYTIS. — Variation de l'anisotropie magnétique du caoutchouc étiré en fonction de la tension à laquelle il est soumis........... 299
COUDERC (PAUL). — Le prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences lui est décerné......... 615
COUFFIGNAL (LOUIS). — Voir *Danty-Lafrance (Louis)* et *divers*........ 398
COULOMB (JEAN) et JULIEN LOISEL. — Un prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences leur est décerné...................... 615
COURRIER (ROBERT). — Pose sa candidature à la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par la mort de M. *Paul Marchal*.......................... 220
— Présenté en seconde ligne.......... 308
COURTIER (ANDRÉ). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par la mort de M. *Eugène Fichot*.................... 336
— Obtient des suffrages............ 340
COURTOIS (JACQUES). — Produits symétriques.................... 570
COURTY (CLÉMENT). — Sur les propriétés magnétiques des corps poreux.......................... 18
— Sur les propriétés magnétiques du fer inclus dans les charbons actifs. 461
COUTELLE (Mlle JEANNE) et M. ÉDOUARD CALVET. — Étude calorimétrique de la gélatinisation des nitrocelluloses par le nitrate de méthyle et le nitrate d'éthyle.... 138
CROZE (FRANÇOIS). — Le prix Paul Marguerite de La Charlonie de physique lui est décerné........ 611
CRUSSARD (CHARLES). — Voir *Chevenard (Pierre)* et *Charles Crussard*. 58
CUGNAC (ANTOINE DE). — Sur l'obtention, par le croisement de deux espèces, d'une variété rapportée à une autre espèce, non intervenue dans l'hybridation.............. 119

D

DALMON (RENÉ) et Mlle GENEVIÈVE BELLIN. — Spectre d'absorption dans l'ultraviolet de l'acide nitrique pur.................... 136
DANGEARD (PIERRE-AUGUSTIN). — Rapport du prix Desmazières.... 612
DANIELOPOLU (DANIEL) et ION MARCU. — Amphomimétisme de l'acétylcholine. Recherches sur la membrane nictitante du Chat 427
DANNENMULLER (MARC). — Voir *Lacombe (Jean de)* et *Marc Dannenmuller*......................... 271
DANTY-LAFRANCE (LOUIS), JEAN CHEVALIER, LOUIS COUFFIGNAL, ANDRÉ CHAUVIN, G.-L. BLANCHARD et F. MAURICE. — Le calcul mécanique et la comptabilité. Commémoration du tricentenaire de la machine à calculer (imp.)......................... 398
DAUDEL (RAYMOND). — Sur l'étude de la symétrie des ions complexes par les méthodes radiochimiques. 177
— Sur la fréquence des dissociations ioniques des ions complexes binaires en solution aqueuse....... 301
DAUVILLIER (ALEXANDRE). — Sur la nature des planètes............. 222
DECARY (RAYMOND) et RÉMY CASTEL. — Modalités et conséquences des migrations intérieures récentes des populations malgaches (imp.). 101
DECUYPER (MARCEL). — Directrices de Wilczynski.................. 315
DEFLANDRE (GEORGES). — Sur les microfossiles des calcaires siluriens de la Montagne Noire, les Chitinozoaires (Eisenack).............. 286
— Sur les Hystrichosphères des cal-

MM. Pages.

caires siluriens de la Montagne Noire ... 475
— Un prix Millet-Ronssin lui est décerné. 619
DEHAUT (E.-G.). — Lacrymaux d'un Pécari à lèvres blanches (*Dicotyles labiatus* Cuvier) rappelant, par certains traits, les Lacrymaux de l'*Hippopotamus* (*chœropsis*) *Liberiensis* Morton (imp.) ... 340
DELANOE (PIERRE). — Un prix Savigny lui est décerné ... 613
DELAVAULT (ROBERT). — Action de l'acide fluorhydrique sur la muscovite ... 582
DELÉPINE (MARCEL). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante parmi les Académiciens libres; par la mort de M. *Alexandre Desgrez* ... 562
DELÉPINE (MARCEL) et GASTON AMIARD. — Sur la configuration de l'acide *a* époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 ... 309
DEMANGEOT (JEAN). — Découverte d'une *tjäle* en rapport avec un sol réticulé dans l'Oisans ... 493
DEMOLON (ALBERT) et ÉTIENNE BASTISSE. — Sur la présence de complexes siliciques pseudosolubles dans les eaux de drainage ... 188
DEMUYNCK (ROBERT). — Voir *Dufraisse (Charles), Robert Demuynck* et *André Allais* ... 487
— Voir *Dufraisse (Charles), Léon Velluz* et *Robert Demuynck* ... 111
DENIGÈS (GEORGES). — Obtention d'une hémine à triazote ... 9
DESCHIENS (ROBERT) et LOUIS LAMY. — Sur les facteurs déterminant l'apparition des pièges chez les Hyphomycètes prédateurs de Nématodes ... 450
DESGREZ (ALEXANDRE). — Son remplacement dans la Section des Académiciens libres ... 501, 562
DESLANDRES (HENRI). — Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Explication simple de plusieurs particularités des molécules ... 5, 558
DESLIENS (LOUIS). — Le prix Martin-Damourette lui est décerné ... 614

MM. Pages.

DESTOUCHES (JEAN-LOUIS). — Sur le principe de décomposition spectrale en Mécanique ondulatoire .. 523
DESTRIAU (GEORGES) et GUY MASSIEU. — Viscosité du mercure soumis à l'action d'un champ magnétique ... 64
DEVAUX (ÉMILE). — La corrélation entre la lenteur du développement chez l'Homme et l'étonnante vitalité de son cerveau ... 424
DIAZ (DIÉGO). — Voir *Secondat (Marcel)* et *Diégo Diaz* ... 71
DIEUDONNÉ (JEAN). — Sur le *nombre de dimensions* d'un module ... 563
DIVE (PIERRE). — Sur le groupe de déplacement euclidien dans la théorie de la relativité et les critériums expérimentaux ... 185
— Ondes ellipsoïdales autour d'une source en mouvement uniforme ... 273
DOBROVOLSKAÏA-ZAVADSKAÏA (Mme NADINE). — Voir *Zavadskaïa (Mme Benjamin)*.
DODÉ (MAURICE). — Sur la dissociation des solides en cours de fusion. Cas de l'oxyde cuivrique ... 139
— Sur l'évolution de la tension d'équilibre des composés en cours de fusion, en cas de miscibilité à l'état solide ... 436
DOUCET (YVES) et MARIUS FAUVE. — Sur la cryoscopie de l'acide isanique ... 533
DOUGUET (MAX) et RENÉ JEANNEL. — Le prix Delalande-Guérineau leur est décerné ... 609
DRESCH (JEAN). — Le prix Binoux de géographie lui est décerné ... 610
DUBIEF (JEAN). — Sur les vents de sable du Sahara algérien ... 374
DUBREIL (PAUL). — Remarques sur les théorèmes d'isomorphisme ... 239
— Le prix Francœur lui est décerné ... 609
DUBRISAY (RENÉ) et BERNARD AMPHOUX. — Séparation des liquides volatils par adsorption sélective ... 157
DUBRISAY (RENÉ) et ROGER PAPAULT. — Sur le mécanisme de la formation des résines phénoliques ... 348
DUFRAISSE (CHARLES), ROBERT DEMUYNCK et ANDRÉ ALLAIS.

MM. Pages.

— Union labile de l'oxygène au carbone. Relations entre la mésomérie du système anthracénique et l'état de labilité de l'oxygène des photo-oxydes 487
DUFRAISSE (CHARLES) et ANDRÉ JARRIJON. — Applications de la spectrographie ultraviolette : étude des transformations du disulfure de tétraméthylthiurame, fonctionnant comme agent de vulcanisation 181
DUFRAISSE (CHARLES) et M[lle] MARIE-THÉRÈSE MELLIER. — Union labile de l'oxygène au carbone. Photooxydation de l'hétérocœrdianthrone 541
— Id. Influence de cyclisations supplémentaires 576
DUFRAISSE (CHARLES), LÉON VELLUZ et ROBERT DEMUYNCK. — Union labile de l'oxygène au carbone. Influence du chlore en 1 sur l'état de labilité de l'oxygène des photooxydes anthracéniques. 111
DUFRESNOY (JACQUES). — Une propriété des surfaces de recouvrement 252

MM. Pages.

— Un critère de famille normale 294
— Une allocation Girbal-Baral lui est accordée 620
DUHEM (PAUL). — Le prix Alfred Dutens lui est décerné 614
DUMAZERT (CHRISTIAN) et RAYMOND MICHEL. — *Erratum* relatif au prénom de M. *Raymond Michel* (214, 1942, p. 645) 100
DUPOUY (GASTON). — Un prix Victor Noury lui est décerné 619
DURAND (PAUL). — Vaccin aux xanthates contre le typhus épidémique. 41
DUVAL (CLÉMENT). — Voir *Duval* (M[me] *Clément*), MM. *Clément Duval* et *Jean Lecomte* 525
DUVAL (CLÉMENT) et JEAN LECOMTE. — Analyse des spectres de vibration de sels métalliques (acides alcools et acides aminés) 131
DUVAL (M[me] CLÉMENT), née RAYMONDE TRICHÉ, MM. CLÉMENT DUVAL et JEAN LECOMTE. — Spectres d'absorption infrarouges et structure de carbonates, bicarbonates et thiocarbonates métalliques 525

E

ÉCOLE POLYTECHNIQUE. — Une subvention Loutreuil est accordée à sa Bibliothèque 619
EMMANUEL (F.). — Voir *Chevalier* (*Auguste*) 397
ESCANDE (LÉOPOLD). — Sur le principe du maximum de débit d'un déversoir à seuil épais 198
— Chambre d'équilibre commune à plusieurs canaux d'amenée 245
— Sur l'utilisation des vortex en tête des évacuateurs de crues à galerie souterraine 255
— Chambre d'équilibre avec canal d'amenée en Y 501
ESCLANGON (ERNEST). — Sur la réflexion et la réfraction d'ondes acoustiques à la surface de séparation de deux fluides en repos ou en mouvement relatif de translation 45
— Les répercussions de l'activité solaire ou cosmique sur certains phénomènes de biologie végétale 212
— Allocution prononcée en la séance annuelle des prix 593
— Annonce un déplacement de séance à l'occasion du 14 juillet 5
— Id. la mort de M. *Charles Eugène Guye* 125
— Id. un déplacement de séance à l'occasion de la fête de l'Assomption 153
— Id. la mort de M. *Edmond Rothé* ... 209
— Président de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par la mort de M. *Paul Séjourné* ... 429, 500
— Id. dans la Section des Applications

MM. Pages.

de la Science à l'Industrie par la mort de M. *Maxime Laubeuf*.... 453
— Id. dans la Section des Académiciens libres par la mort de M. *Alexandre Desgrez*....................... 562
— Rapports des prix Lalande, Benjamin Valz.......................... 609
ESNAULT-PELTERIE (Robert). — Fait hommage d'un Mémoire : « Sur un appareil de mesure du frottement en mouvement »..... 265
ESTRIPEAUT (Raoul). — Considération sur la métamorphose morphologique et physiologique de la cellule humaine. Préface de M. *Augustin Boutaric* (imp.).......... 169

F

FABRY (Charles). — Fait hommage d'un Ouvrage : « Propagation de la chaleur »................... 501
— Rapports des prix Gaston Planté, Henri de Parville de physique... 610
— Id. des prix Hughes, fondations Clément-Félix, du Général Ferrié. 611
FAGE (Louis). — Pose sa candidature à la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par la mort de M. *Paul Marchal*............ 50
— Présenté en première ligne........ 308
— Élu............................ 340
— Son élection est approuvée........ 453
FARDY (Alexandre). — Voir *Simonet* (*Marc*) et *Alexandre Fardy*...... 378
FAURÉ-FRÉMIET (Emmanuel). — Voir *Champetier* (*Georges*) et *Emmanuel Fauré-Frémiet*........... 94
— Pose sa candidature à la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par la mort de M. *Paul Marchal*...................... 11
— Présenté en seconde ligne......... 308
FAUVE (Marius). — Voir *Doucet* (*Yves*) et *Marius Fauve*......... 533
FERBER (Robert). — Le prix Aimé Laussedat lui est décerné....... 610
FERRAND (Mlle Jacqueline). — Sur un théorème de M. Golusin...... 254
FICHOT (Eugène). — Son remplacement dans la Section de Géographie et Navigation. 101, 336, 340, 453
FISCHER (Paul-H.). — Ce qu'il faut savoir en dissections. Manuel pratique à l'usage de l'étudiant et du naturaliste (imp.)............... 249
— Un prix Victor Noury lui est décerné. 619
FLANDRIN (Jacques). — Le bassin à lignites de Marceau (département d'Alger).................. 370
— Voir *Lambert* (*Alexis*) et *Jacques Flandrin*...................... 369
FLEURY (Pierre). — Un prix Hughes lui est décerné................. 611
FLEURY (Raymond de). — Extension de l'emploi de la carte nomographique à la transposition des matériaux et à la transcription des tracés d'organes................. 406
FOËX (Marc). — Conductibilités électriques de la thorine aux températures élevées................. 534
FORESTIER (Hubert) et Mlle Jacqueline LONGUET. — Réaction à l'état solide entre le sulfure de fer et le sulfure de cuivre à la température ordinaire................ 439
FOURNIER (André). — Enrichissement du tétrachlorure de carbone en chlore 37 par diffusion thermique......................... 529
FRÉCHET (Maurice). — Le prix Houllevigue lui est décerné...... 616
FRÉON (André). — Gerbes de rayons cosmiques contenant des particules asynchrones.................. 323
FRÉREJACQUE (Marcel). — Le prix Montyon des Arts insalubres lui est décerné.................... 611
— Une médaille Berthelot lui est décernée. 615
FRIANT (Mlle Madeleine). — Une subvention Loutreuil lui est accordée........................ 619
FROMAGEOT (Claude). — Un prix Laura Mounier de Saridakis lui est décerné....................... 617
FURON (Raymond). — Adresse des remercîments pour la subvention Villemot qui lui a été accordée... 50
FUZEAU (Marcel). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné............ 617

G

MM. Pages.

GAILLARD (Claude). — La formation et l'instabilité des continents (imp.)........................ 481

GALLIEN (Louis). — Production expérimentale de callosités chez la Grenouille rousse (*Rana temporaria*), dans les semaines qui suivent la métamorphose................ 551

GARDENT (Paul). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné........... 617

GARNIER (René). — Le prix Poncelet de mathématiques lui est décerné. 609

GAULT (Henry). — Le prix Jecker lui est décerné.................... 611

— Une médaille Berthelot lui est décernée......................... 615

GAUTHERET (Roger). — Un prix Louise Darracq lui est décerné... 614

GEOTTELMANN (Georges). — Voir *Volmar (Yves)* et *Georges Geottelmann*...................... 417

GERHARDT (Charles). — Son buste est remis à l'Académie, par son fils. 214

GÉZE (Bernard). — Sur les fractures hercyniennes et tertiaires de la Montagne Noire................ 115

GIRARD (Pierre) et Paul ABADIE. — Une nouvelle méthode spectrale; le spectre hertzien des molécules d'alcool................ 84

GIRAULT (Pierre). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné.......... 617

GIROUD (Paul). — Un prix Montyon de médecine et chirurgie lui est décerné 613

GLANGEAUD (Louis). — Étude statistique de l'action du bioclimat sur les caractères chimicominéralogiques des sols de la Côte d'Ivoire (rapport silice-alumine)......... 360

GOUDEY (Raoul). — Mesures de l'intensité de la pesanteur dans le Sud-Ouest de la France pendant l'année 1941, effectuées en mars-avril-mai 1941...................... 298

— Id. dans le Sud-Ouest de la France effectuées en juin, juillet et août 1941 342

— Id. en France pendant l'année 1941 (2[e] série)...................... 458

GRAMONT (Armand de). — Fait hommage d'une série de photographies prises par son fils pendant les séances et réunies sous le titre « Académie des Sciences 1941 »... 196

— Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante parmi les Académiciens libres; par la mort de M. *Alexandre Desgrez*........... 562

— Rapport du prix François Hébert... 610

— Id. du prix Alhumbert............. 615

— Id. de la fondation Jérôme Ponti ... 618

GRANDJEAN (François). — La signification évolutive des écarts individuels..................... 216

— Sur deux types généraux de régression numérique chez les Acariens. 236

GRANGER (Robert). — Voir *Mousseron (Max)* et *Robert Granger*... 161

GRASSÉ (Pierre-P) et André HOLLANDE. — Les affinités et l'évolution des Trichonymphines..... 35

GRATTESAT (Guy). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné............ 617

GROH (Paul) et Albert KIRRMANN. — Étude spectrale d'une réaction luminescente.................. 275

GUÉRIN (Henri). — Le prix Houzeau lui est décerné.................. 611

— Une médaille Berthelot lui est décernée 615

GUÉRIN (Maurice). — Voir *Roussy (Gustave), Maurice* et *Paul Guérin*. 396

GUÉRIN (Paul). — Voir *Roussy (Gustave), Maurice* et *Paul Guérin* ... 396

GUIBÉ (Jean). — Le prix Jean Thore lui est décerné................. 613

GUICHARD (M[me] Claude), née Alice GOMET. — Le prix d'Aumale lui est décerné.................... 620

GUICHARD (Marcel). — Emploi de la pesée continue pour le dosage de traces d'eau dans l'azotate d'ammonium...................... 20

— Le prix L. La Caze de chimie lui est décerné....................... 611

GUILLAUME (Albert). — Sur un Lupin pouvant entrer dans la préparation des succédanés du Blé... 33

GUILLAUMIN (André). — Ce qu'il faut savoir pour récolter, préparer, expédier, conserver et présenter les plantes et objets d'origine végétale (imp.).................... 341

GUILLAUMIN (Ch.-O.). — Voir *Polonovski (Michel)*................. 454

MM. Pages.

GUILLET (Léon). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie; par la mort de M. *Maxime Laubeuf*. 453

GUILLET fils (Léon). — Voir *Portevin (Albert)*, *Paul Bastien* et *Léon Guillet fils* 441

GUILLIEN (Robert). — Le prix Kastner-Boursault lui est décerné 610

GUINIER (André). — Diffusion anormale des rayons X par le diamant. 114

GUITTONNEAU (Gustave). — Le prix Lac lui est décerné 612

GUTTON (Camille). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par la mort de M. *Paul Séjourné* 429

— Id. par la mort de M. *Alexandre Desgrez* 562

— Rapport des fondations Pierre Lafitte, du Général Ferrié 611

GUYE (Charles Eugène). — M. *Ernest Esclangon* annonce sa mort 125

— Notice sur sa vie et ses travaux, par M. *Louis de Broglie* 209

H

HACKSPILL (Louis). — Pose sa candidature à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres 519

HAMEL (Gontran). — Le prix Montagne lui est décerné 612

HEILMANN (René). — Sur l'éthyl-3 pentène-3 one-2 112

HELBRONNER (Paul). — Description géométrique détaillée des Alpes françaises, tome XII : Massifs des Alpes Maritimes et Tables générales (imp.) 289

HENRY (Xavier). — Un prix Bréant lui est décerné 613

HERMAN (Louis). — Présence du système de bandes de Lyman de la molécule d'azote dans le rayonnement ultraviolet du ciel nocturne 527

— Voir *Herman* (Mme *Louis*) et M. *Louis Herman* 83, 133

HERMAN (Mme Louis), née Renée MONTAGNE. — Sur une phosphorescence verte de l'azote actif. 506

HERMAN (Mme Louis) et M. Louis HERMAN. — Contribution à l'étude du spectre ultraviolet de la molécule d'azote 83

— Extension du système de bandes de Lyman-Birge-Hopfield de la molécule d'azote 133

HERMANN (Henri). — Le prix Lallemand lui est décerné 615

HERRENG (Pierre). — Application des impulsions de rayons X à la mesure de la mobilité des électrons dans les gaz 79

HOFFMANN (Georges). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné 617

HOÏ (N. P. Buu). — Sur une nouvelle classe de médicaments, les colorants polyméthiniques 580

— Le prix Parkin lui est décerné 616

HOÏ (N. P. Buu) et Paul CAGNIANT. — Du 2.3-benzo-1-azachrysène et de ses dérivés 144

HOLLANDE (André). — Voir *Grassé (Pierre-P.)* et *André Hollande* 35

HOUGET (Jacques). — Sur la formation des glucides au cours de la germination du Ricin 387

HUREL (Mme Louis), née Germaine PY. — Sur les vacuoles des cellules à raphides 31

I

INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE DE L'INDOCHINE. — Voir *Chevey (Pierre)* et *F. Le Poulain* 156

J

JACOB (Charles). — Signale la publication des deux dernières feuilles (Oran Nord et Oran Sud) de la « Carte géologique au 1 : 500 000 de l'Algérie » 339

— Rapports des prix Cuvier, André-C. Bonnet de paléontologie 612

MM. Pages.

JACQUEMAIN (René). — Sur quelques diènes isomères 179
— Sur la fixation d'oxygène par les diènes 200
JACQUES (Jean). — Voir *Mathieu (Jean-Paul)* et *Jean Jacques* 346
JACQUINOT (Pierre). — Un prix Hughes lui est décerné 610
JACQUOT (Raymond). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée 619
JAFFRAY (Jean). — Variations, avec la température des propriétés optiques des cristaux de chlorhydrate de conicine 489
JANIN (Joseph). — Étude spectroscopique de la décharge diffuse dans l'azote sous la pression atmosphérique 505
JARRIJON (André). — Voir *Dufraisse (Charles)* et *André Jarrijon* 181
JAVILLIER (Maurice). — Rapports des prix Jecker, fondation Charles-Adam Girard 611
— Id. du prix Jules Wolff 616
— Id. du prix Laura Mounier de Saridakis 617
— Une subvention Loutreuil lui est accordée 618
JAYLE (Max-Fernand). — Voir *Polonovski (Michel)* 454
JEANNEL (René). — Voir *Douguet (Max)* et *René Jeannel* 609
— Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par la mort de M. *Paul Marchal* 308
JEANNENEY (Georges) et Guy RINGENBACH. — La transfusion de plasma humain citraté 97
JEKHOWSKY (Benjamin de). — Formules de contrôle et moyen d'augmenter la précision du calcul des déterminations de la méthode Lagrange-Andoyer pour la détermination d'une orbite képlérienne .. 220
JÉRÉMINE (Mme Constantin), née Élisabeth TCHERNAÏEFF. — Sur quelques roches du Demavend (Perse) 163
JOLIBOIS (Pierre). — Sur le mécanisme élémentaire de l'électrolyse aqueuse 319
— Particularités présentées par les ions H et les ions OH 344
JOLIVET (Henri) et Albert PORTEVIN. — Sur le dépôt de ferrite dans les aciers hypoeutectoïdes .. 485
JOLLY (Justin). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par la mort de M. *Paul Séjourné* 429
— Rapport de la fondation Roy-Vaucouloux 614
JOUAUST (Raymond). — Le prix Victor Raulin de physique du globe lui est décerné 612
JOUVENEL-MARCILLAC (Mlle Marcelle). — La diapédèse nucléaire dans l'assise nourricière des Papavéracées 29
— Le noyau des Papavéracées 67
JOYET-LAVERGNE (Philippe). — Nouvelles recherches sur l'action de la vitamine C dans la respiration de la cellule vivante 306
— L'action de l'adrénaline sur les oxydations dans la cellule vivante ... 384
JULIA (Gaston). — Rapport du prix Poncelet de mathématiques 609
— Id. du prix du Général Muteau 617
JUSTIN-BESANÇON (Louis) et André LWOFF. — Vitamine antipellagreuse et avitaminoses nicotiniques (imp.) 340

K

KATZ (Raoul). — Voir *Lamarque (Paul)*, *Jean-A. Reboul* et *Raoul Katz* 350
KIRRMANN (Albert). — Voir *Groh (Paul)* et *Albert Kirrmann* 275
KLING (André). — Pose sa candidature à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres 398
— Obtient un suffrage au scrutin pour le

MM. Pages.

remplacement de M. *Paul Séjourné*. 519
— Présenté en troisième ligne pour le remplacement de M. *Paul Séjourné*. 500
— Obtient un suffrage.............. 519
KOGANE (Mme LÉON), née MADELEINE CHARLES. — Voir *André (Émile)* et Mme *Madeleine Kogane-Charles*. 327, 587
KOSTITZIN (VLADIMIR). — Le prix Montyon de statistique lui est décerné...................... 614
KRAVTCHENKO (JULIEN). — Le prix Boileau lui est décerné.......... 609
KÜHNER (ROBERT). — Le prix Desmazières lui est décerné........ 612
KUO CHUN CHIN. — Modification des grains dans l'Hybride de blé *Monococcum* × *Vulgare*......... 305

L

LABOREY (Mme FERNAND), née FRANÇOISE REYMOND. — Le prix Jules Wolff lui est décerné....... 616
LACASSAGNE (ANTOINE). — Chute de la sensibilité aux rayons X chez la Souris nouveau-née en état d'asphyxie.................... 231
LACOMBE (JEAN DE) et MARC DANNENMULLER. — Essais de fluage par compression sur des alliages à bas points de fusion... 271
LACOSTE (JEAN). — Un prix Gegner lui est décerné................ 618
LACROIX (ALFRED). — Fait hommage d'un Mémoire : « Les Glaucophanites de la Nouvelle-Calédonie et les roches qui les accompagnent. Leur composition et leur genèse ». 5
— Une éruption du Piton de la Fournaise (Ile de la Réunion) en 1942. 517
— Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par la mort de M. *Paul Séjourné*.............. 429
— Dépose sur le bureau un fascicule des « Mélanges bryologiques et lichénologiques » contenant un Mémoire posthume de M. *Louis Trabut* : « Flore des Hépatiques de l'Afrique du Nord », publié par M. *Pierre Allorge*............. 453
— Rapport des prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences, Bordin des sciences physiques.............. 615
— Id. des prix Vaillant, Saintour, Lonchampt, Gustave Roux, Thorlet. 616
— Id. des fondations Gegner, Hirn, Henri Becquerel............... 618
— Id. des fondations Loutreuil, Mme Victor Noury, Millet-Ronssin.... 619
— Id des fondations Villemot et Carrière, prix Hélène Helbronner-Fould........................ 620
LADRAT (JEAN). — Une subvention Loutreuil lui est accordée........ 618
LAFFITTE (ROBERT). — Plissements post-pliocènes et mouvements quaternaires dans l'Algérie occidentale 372
LAGABRIELLE (JEAN). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné...... 617
LAGRANGE (RENÉ).— Le Grand Prix des sciences mathématiques lui est décerné.................... 615
LAIGNEL-LAVASTINE (MAXIME). — Un prix Mège lui est décerné.... 613
LALLEMAND (Mme ANDRÉ), née SUZANNE ANCEL. — Les arrérages de la fondation Roy-Vaucouloux lui sont attribués.............. 614
LAMARQUE (PAUL), JEAN-A. REBOUL et RAOUL KATZ. — Pénétration des ions métalliques dans les corps solides sous l'influence du courant électrique...................... 350
LAMBERT (ALEXIS) et JACQUES FLANDRIN. — Les terrains primaires du Massif du Chenoua (département d'Alger).................. 369
LAMY (LOUIS). — Voir *Deschiens (Robert)* et *Louis Lamy*............. 450
LAPICQUE (LOUIS). — Hétérogénéité des curares et de leurs propriétés pharmacodynamiques........... 393
— Rapport du prix Tchihatchef....... 610
— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie........................ 613
— Id des prix Barbier, Mège......... 613
— Id du prix Alfred Dutens.......... 614

MM. Pages.
— Id. du prix Montyon de phyioslogie. 614
— Id. du prix Lallemand............ 615
LAROMIGUIÈRE (Mlle SIMONE DE). — Voir *Roche* (*Jean*), Mlles *Simone de Laromiguière* et *Alice Laurens*. 495
LASSEUR (PHILIPPE). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée...................... 619
LAUBEUF (MAXIME). — Son remplacement dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie. 340, 453 516, 519
LAUNAY (Mme LOUIS DE), née MARGUERITE CORNU. — Le prix Hélène Helbronner-Fould lui est décerné........................ 620
LAURENS (Mlle ALICE). — Voir *Roche* (*Jean*), Mlles *Simone de Laromiguière* et *Alice Laurens*......... 495
LAURENT (JEAN). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée.......................... 619
LAVAL (JEAN). — La diffusion des rayons X par effet Compton est moindre pour un atome engagé dans un cristal que pour le même atome libre.................. 278
— Sur une explication possible de l'affaiblissement de l'effet Compton dans les cristaux.............. 359
LAVIER (GEORGES). — L'évolution de la morphologie par rapport à l'hôte dans le genre *Trypanosoma*...... 39
LAVOCAT (RENÉ). — Une subvention Loutreuil lui est accordée....... 618
LAVOLLAY (JEAN) et JEAN-LOUIS PARROT. — Sur la nature de la vitamine P. Activité de la catéchine (pentahydroxyphénylbenzo-γ-pyranne) sur la résistance capillaire.......................... 496
LEBEAU (PAUL). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *Maxime Laubeuf*......................... 453
— Rapports des prix L. La Caze de chimie, Houzeau.............. 611
LEBESGUE (HENRI). — Les Coniques (imp.)........................ 397
LECOMTE (JEAN). — Voir *Duval* (*Clément*) et *Jean Lecomte*........... 131
— Voir *Duval* (Mme *Clément*), MM. *Clément Duval* et *Jean Lecomte*..... 525
LECOQ (RAOUL). — La production du rachitisme expérimental est-elle spécifiquement liée au déséquilibre phosphocalcique de la ration? 330
— L'acidose, cause principale de la polynévrite aviaire............ 510
LECORNU (LÉON). — Son remplacement dans la Section de mécanique......................... 45
LE GAL (Mme ÉTIENNE), née MARCELLE CHOQUART. — Mode de formation des ornementations sporales chez les *Ascobolus*.............. 167
LEGRAND (JEAN-JACQUES). — Sur quelques coaptations sexuelles chez les mâles des *Haplophtalminæ* (Isopodes terrestres)......... 122
— Id. chez le mâle des *Trichoniscinæ* et *Armadillidiidæ* (Isopodes terrestres)....................... 182
LE GRAND (YVES). — Sur l'aberration sphérique de l'œil.......... 547
LEJAY (PIERRE). — Nouvelles déterminations de la pesanteur dans le Nord du Massif Central......... 48
— Un prix Alexandre Darracq lui est décerné....................... 617
LELONG (PIERRE). — Définition des fonctions plurisous-harmoniques.. 398
— Sur les suites de fonctions plurisous-harmoniques.................. 454
LELUBRE (MAURICE). — Sur les divisions du socle ancien du Sahara Central....................... 367
LEMAN (ALFRED). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée.......................... 619
LEMÉE (GEORGES). — Successions forestières contemporaines du dépôt des lignites quaternaires dans la cluse de Chambéry............ 23
LEMÉTAYER (ÉDOUARD). — Voir *Ramon* (*Gaston*), *Édouard Lemétayer* et *Pierre Minguet*......... 479
LEPAPE (ADOLPHE). — Une subvention Loutreuil lui est accordée... 618
LE POULAIN (F.). — Voir *Chevey* (*Pierre*) et *F. Le Poulain*........ 156
LERAY (JEAN). — Le prix Montyon de mécanique lui est décerné.... 609
LEVI-CIVITA (TULLIO). — L'Académie reçoit confirmation de sa

MM. Pages.
mort........................... 77
— Notice; par M. *Élie Cartan*........ 233
LICHNEROWICZ (ANDRÉ). — Une allocation Girbal-Baral lui est accordée....................... 620
LITARDIÈRE (RENÉ DE). — Le prix de Coincy lui est décerné........ 612
LOISEL (JULIEN). — Voir *Coulomb* (*Jean*) et *Julien Loisel*.......... 615
LOISELEUR (JEAN). — L'action des rayons X sur l'acide sulfhydrique. 536
LONGUET (Mlle JACQUELINE). — Voir *Forestier* (*Hubert*) et Mlle *Jacqueline Longuet*.................. 439
LOSSIER (HENRY). — Le prix Caméré lui est décerné................. 616
LUCAS (GABRIEL). — Le prix Vaillant lui est décerné................. 616
LWOFF (ANDRÉ). — Voir *Justin Besançon* (*Louis*) et *André Lwoff*....... 340

M

MACHEBŒUF (MICHEL). — Un prix Laura Mounier de Saridakis lui est décerné.................... 617
— Voir *Polonovski* (*Michel*).......... 454
MAIGNON (FRANÇOIS). — Une subvention Loutreuil lui est accordée. 618
MALAVARD (LUCIEN). — Pour le calcul des effets du fuselage et des fuseaux-moteurs sur la répartition en envergure des efforts aérodynamiques........................ 266
— Un prix Plumey lui est décerné..... 610
MALÉCOT (GUSTAVE). — Mendélisme et consanguinité................ 313
MALENÇON (GEORGES). — La sporogénèse chez les Basidiomycètes... 584
MANESCU (Mlle IOANA). — Spectre L et niveaux caractéristiques du celtium (72) et émissions L faibles du celtium et du tantale........ 104
MARCENAC (NOËL). — Une subvention Loutreuil lui est accordée... 618
MARCHAL (PAUL). — Notice sur Paul Marchal (1862-1942), par M. *Maurice Caullery*, *in* Bulletin de la Société zoologique de France, tome 67 (imp.)................ 196
— Son remplacement dans la Section d'Anatomie et Zoologie 11, 50, 220, 308, 340, 453
— Id. dans le Conseil d'administration de l'Institut National agronomique......................... 501
MARCU (ION). — Voir *Danielopolu* (*Daniel*) et *Ion Marcu*.......... 427
MARÉCHAL (ANDRÉ). — Sur l'achromatisme des systèmes optiques centrés....................... 503
MARESCHAL (PIERRE). — Voir *Sparrow* (Mme *Hélène*) et M. *Pierre Mareschal*..................... 389
MARTELLY (JULIEN). — Méthode de séparation des isotopes basée sur l'emploi des champs électriques tournants de haute fréquence.... 106
MARTONNE (EMMANUEL DE). — Fait hommage d'une « Géographie physique de la France »......... 518
— Présenté en première ligne pour la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Eugène Fichot*....... 336
— Élu............................ 340
— Son élection est approuvée........ 453
MASSIEU (GUY). — Voir *Destriau* (*Georges*) et *Guy Massieu*....... 64
MATHIEU (HENRI). — Le prix Thorlet lui est décerné................. 616
MATHIEU (JEAN-PAUL). — Sur l'identité des propriétés des covalences et des coordinences............. 325
MATHIEU (JEAN-PAUL) et JEAN JACQUES. — Spectres de Raman et structure des orthophosphates, des phosphites et des hypophosphites........................ 346
MATHON (PIERRE). — Voir *Yadoff* (*Oleg*) et *Pierre Mathon*......... 429
MAUGUIN (CHARLES). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *Maxime Laubeuf*. 453
MAURAIN (CHARLES). — Notice nécrologique sur *Edmond Rothé*....... 289
— Fait hommage d'un Ouvrage : « Étude physique de la Terre ».... 291

MM. Pages.
— Élu Vice-Président pour l'année 1943. 517
— Rapport du prix Victor Raulin de physique du globe 612
MAURICE (F.). — Voir *Danty-Lafrance (Louis)* et *divers* 398
MELLIER (Mlle MARIE-THÉRÈSE). — Voir *Dufraisse (Charles)* et Mlle *Marie-Thérèse Mellier* 541, 576
MENTZER (CHARLES). — Voir *Meunier (Paul)* et *Charles Mentzer* 259
MENTZER (CHARLES) et Mlle GENEVIÈVE URBAIN. — Nouvelle méthode de synthèse de substances à très haute activité œstrogène... 554
MESNY (RENÉ). — Un prix du Général Ferrié lui est décerné........... 611
METTETAL (CHRISTIAN). — Action de l'hypotonie sur la blastula de l'Oursin *Paracentrotus lividus* Lk. 227
MEUNIER (PAUL). — De l'action des argiles montmorillonites sur la vitamine A et les phénomènes de mésomérie dans le groupe des caroténoïdes 470
MEUNIER (PAUL) et CHARLES MENTZER. — Synthèse d'un nouveau composé hétérocyclique à activité antihémorragique (vitaminique K) 259
MICHEL (RAYMOND). — Voir *Dumazert (Christian)* et *Raymond Michel* 100
MINGUET (PIERRE). — Voir *Ramon (Gaston)*, *Édouard Lemétayer* et *Pierre Minguet* 479
MINISTRE SECRÉTAIRE D'ÉTAT A L'ÉDUCATION NATIONALE ET A LA JEUNESSE. — Adresse ampliation de l'arrêté approuvant l'élection de M. *Joseph Pérès* en remplacement de M. *Léon Lecornu*, décédé 45
— Id. de M. *Emmanuel de Martonne* en remplacement de M. *E. Fichot*, et de M. *Louis Fage* en remplacement de M. *P. Marchal*, décédés .. 453
— Id. de M. *Léon Binet* en remplacement de M. *A. d'Arsonval*, décédé. 481
MIROUZE (ROGER). — Sur l'existence d'une parthénogenèse constante thélytoque chez *Psychoda severini* Tonnoir (Diptères)............. 226
MONFRAIX (PAUL). — Le prix Alhumbert lui est décerné............ 615
MONNIER (ALEXANDRE-MARCEL). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée............ 620
MONOD (THÉODORE) et ANDRÉ CAILLEUX. — Ancienneté des actions désertiques dans le Sahara occidental......................... 362
MONTAUD (GUSTAVE DE). — Sur le chauffage de cylindres de faible épaisseur par courants induits de haute fréquence................ 127
MONTEL (PAUL). — Sur les différences divisées 193
— Fait hommage d'un Ouvrage posthume de *Henri Lebesgue* « Les Coniques », dont il a écrit la Préface............................ 397
— Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par la mort de M. *Maxime Laubeuf* 453
— Rapport du prix Montyon de statistique 614
MORAND (MAX). — Le prix Gaston Planté lui est décerné........... 610
MOREAU (LÉON). — Le prix Nicolas Zvorikine lui est décerné........ 612
— Voir *Portevin (Albert)*, *Georges Chaudron* et *Léon Moreau*........... 351
MORET (LÉON). — La bordure occidentale de la zone des schistes lustrés entre Geillac et Saint-Véran (Hautes-Alpes).......... 365
MORETTE (ANDRÉ). — Sur le système binaire tellure-molybdène. Tellurures de molybdène Te^2Mo et Te^3Mo^2 86
MOURIQUAND (GEORGES). — Un prix Charles Bouchard lui est décerné. 614
MOUSSERON (MAX). — Étude de quelques thiols et thio-éthers alicycliques.................. 201
— Étude de quelques dérivés cyclaniques sulfurés................. 357
MOUSSERON (MAX) et ROBERT GRANGER. — Sur quelques composés méthylcyclopentaniques actifs 161
MOUTON (MARCEL). — Les arrérages de la fondation Charles-Adam Girard lui sont attribués........ 611
MURARD (ROBERT). — Un prix La-

MM. Pages.

place et un prix L.-E. Rivot lui sont décernés.................. 617

MURGIER (Mlle MARCELLE) et MARIE THÉODORESCO. — Sur la dépolarisation des raies Raman de l'acide métamolybdique en solution aqueuse.................. 530

N

NAGEOTTE (JEAN). — Sur les balanciers des Diptères considérés comme organes du sens de l'espace.......................... 509

NGUYEN VAN THOAI. — Voir *Roche (Jean), Nguyen van Thoai* et Mlle *Josette Baudoin*.......... 386

NOBÉCOURT (PIERRE). — Sur les facteurs de croissance nécessaires aux cultures de tissus de Carotte. 376

NOETZLIN (JACQUES). — Voir *Caillère* (Mlle *Simonne*) et M. *Jacques Noetzlin*...................... 22

O

OBERMULLER (ALPHONSE). — Un prix Victor Noury lui est décerné. 619

ORGEVAL (BERNARD D'). — Remarques sur la détermination des plans multiples représentant une surface algébrique.............. 341

OSEEN (C. W.). — Voir *Scheele (Carl Wilhelm)*...................... 245

P

PAIĆ (MLADEN). — Radioanalyse..... 483

PAJEAU (ROGER). — Condensation du cyclohexanol avec des dérivés benzéniques halogénés en présence d'acide sulfurique......... 578

PAPAULT (ROGER). — Voir *Dubrisay (René)* et *Roger Papault*..... 348

PARODI (HIPPOLYTE). — Système simple d'équations analogue à une équation de relaxation unique... 125

— Traction électrique automatique et équations de relaxation......... 169

— Détermination graphique du cycle limite solution des équations de relaxation.................... 196

— Mesures des résistances au roulement au moyen de locomotives électriques ou Diesel-électriques....... 565

PARODI (HIPPOLYTE) et MAURICE PARODI. — Méthode d'intégration par arcs successifs des équations de relaxation......... 268

PARODI (MAURICE). — Sur les fréquences propres de quelques carbures cycliques................. 13

— Filtre électrique permettant d'obtenir à volonté une ou deux bandes passantes...................... 572

— Voir *Parodi (Hippolyte)* et *Maurice Parodi*........................ 268

PARODI (MAURICE) et FRANÇOIS RAYMOND. — Application de la fonction U_n de Lucas au calcul des fréquences propres d'ensembles de circuits couplés comportant des relais électroniques.. 459

PARROD (JACQUES). — Sur l'acide mercapto-pyruvique............ 146

PARROT (JEAN-LOUIS). — Voir *Lavollay (Jean)* et *Jean-Louis Parrot*........................... 496

PASQUET (ANDRÉ). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné........... 617

PASTEUR (LOUIS). — Voir *Sidersky (David)*........................ 50

PAUL (RAYMOND). — Sur quelques dérivés de l'ω-hydroxy-butanal.. 303

PÉRARD (ALBERT). — Pose sa candi-

MM. Pages.

dature à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres 398
— Présenté en seconde ligne pour le remplacement de M. *Paul Séjourné*. 500
— Obtient des suffrages 519
PÉREAU (Mlle AIMÉE). — Sur les réserves souterraines de la Cure en amont de Saint-Père 280
PÉRÈS (JOSEPH). — Un prix Plumey lui est décerné 610
— Son élection est approuvée 45
PÉREZ (CHARLES). — Rapport du prix Montyon de médecine et chirurgie 613
— Id. du prix Louise Darracq 614
PERRIER (GEORGES). — Membre de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par la mort de M. *Alexandre Desgrez*. 562
— Rapports des prix Gay, Aimé Laussedat 610
PERROT (MARCEL). — Variations de phase par réflexion normale sur des couches très minces obtenues par projections cathodiques à partir d'une cathode de chrome .. 175
PESSAYRE (RENÉ). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné 617
PETIAU (GÉRARD). — Sur la théorie des corpuscules de spins quelconques 77
PEYRON (ALBERT). — Sur les processus généraux de la blastogénie dans les kystes blastuléens à membrane fertile, au cours de la parthénogenèse polyembryonique, chez l'Homme 229
PICARD (ÉMILE). — Notice sur sa vie et son œuvre; par M. *Louis de Broglie* 620
— Son remplacement dans la Commission du prix Volney 125
PICCARD (Mlle SOPHIE). — Sur des ensembles parfaits. Note additionnelle sur les ensembles de sommes (imp.) 519
PIÉRON (HENRI). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. *Arsène d'Arsonval* 391
— Obtient des suffrages 397
PIERRON (PAUL). — Recherches sur certaines causes de l'évolution des hypochlorites en solution 354
PLATRIER (CHARLES). — Composition des dérivées pour un tenseur euclidien d'un champ relatif 456
POILANE (EUGÈNE). — Un prix Victor Noury lui est décerné 619
POLONOVSKI (JACQUES). — Sur un glucosidolipide de la rate 443
POLONOVSKI (MICHEL). — Directeur des « Exposés annuels de Biochimie médicale » Troisième série par MM. *Henri Bénard, André Boivin, Paul Boulanger, Sotirios B. Briskas, Ch.-O Guillaumin, Max-Fernand Jayle, Michel Machebœuf, Michel Polonovski, Jean Roche, Charles Sannié* et *Daniel Santenoise* 454
— Le prix Henry Wilde lui est décerné. 616
POLONOVSKI (MICHEL), DANIEL SANTENOISE, JEAN CHEYMOL et EUGÈNE STANKOFF. — Rôle de la vagotonine dans la résistance à l'hypoxhémie 148
PORCHER (Mme CHARLES). — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée 620
PORTEVIN (ALBERT). — Pose sa candidature à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie par la mort de M. *Maxime Laubœuf* 340
— Présenté en première ligne 516
— Élu 519
— Voir *Jolivet (Henri)* et *Albert Portevin* 485
PORTEVIN (ALBERT), PAUL BASTIEN et LÉON GUILLET fils. — Influence comparée de divers réducteurs sur la désoxydation et l'oxydation du cuivre 441
PORTEVIN (ALBERT), GEORGES CHAUDRON et LÉON MOREAU. — Contribution à l'étude du cheminement de l'hydrogène dans le fer monocristallin et polycristallin ... 351
PORTIER (PAUL). — Rapports des prix Montyon de médecine et chirurgie, Bellion 613
— Id. des prix L. La Caze de physio-

MM. Pages.

logie, Pourat, Martin-Damourette... 614

POTIER (ROBERT). — Sur le carré moyen de la distance parcourue par des neutrons lents dans un milieu ralentisseur... 270

R

RABAUD (ÉTIENNE). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section d'Anatomie et Zoologie par la mort de M. *Paul Marchal*... 308

— Obtient un suffrage... 340

RAFFY (M[lle] ANNE). — Le prix Pourat lui est décerné... 614

RAMART (M[me] MAURICE), née PAULINE LUCAS. — Structure des colorants oxyazoïques d'après leurs spectres d'absorption. Analyse spectrale des acyl-oxyazoïques 468

RAMON (GASTON), ANDRÉ BOIVIN et RÉMY RICHOU. — Immunisation active contre le charbon au moyen d'un vaccin anavirulent et stimulé. 498

RAMON (GASTON), ÉDOUARD LEMÉTAYER et PIERRE MINGUET. — De la production, chez le Cheval, d'un sérum doué de propriétés neutralisantes et préventives à l'égard du virus de la fièvre aphteuse... 479

RATSIMAMANGA (ALBERT RAKOTO). — Le prix André-C. Bonnet d'anthropologie lui est décerné... 613

RAYMOND (FRANÇOIS). — Voir *Parodi (Maurice)* et *François Raymond*.. 459

RAYMOND-HAMET. — L'Atis doit-il à l'atisine la totalité de ses effets physiologiques ?... 247

— Mise en évidence de l'action vasoconstrictive directe et périphérique du venin desséché de *Bufo Bufo Bufo*... 448

RAYNAUD (ALBERT). — Modification expérimentale de la différenciation sexuelle des embryons de Souris par action des hormones androgènes et œstrogènes (Étude des états d'intersexualité qui en résultent) (imp.)... 265

— Existence de variations dans l'état de développement des tubules glandulaires de la prostate femelle d'*Apodemus sylvaticus* L... 382

— Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée... 620

REBOUL (JEAN). — Nouvelles expériences sur l'action des rayons X sur les Levures... 261

— Id. sur l'action des antiseptiques sur les Levures... 553

— Voir *Lamarque (Paul), Jean-A. Reboul* et *Raoul Katz*... 350

REGARD (MARCEL). — Un prix Laplace et un prix L.-E. Rivot lui sont décernés... 617

REMLINGER (PIERRE) et JACQUES BAILLY. — Action de la protéolyse sur la virulence de la substance nerveuse rabique... 389

— Un prix Montyon de médecine et chirurgie leur est décerné... 613

RENAN (ERNEST). — Voir *Sidersky (David)*... 50

RÉROLLE (ÉDOUARD). — Un prix Laplace et un prix L.-E. Rivot lui sont décernés... 617

RIBAUD (GUSTAVE). — Le prix L. La Caze de physique lui est décerné. 610

RICHOU (RÉMY). — Voir *Ramon (Gaston), André Boivin et Rémy Richou.* 498

RINGENBACH (GUY). — Voir *Jeanneney (Georges)* et *Guy Ringenbach*... 97

ROCARD (YVES). — Le prix Henri de Parville de mécanique lui est décerné... 609

ROCARD (YVES) et MARCEL VÉRON. — Sur la convection vive d'un fluide s'écoulant en régime turbulent permanent le long d'une plaque... 402

ROCHE (JEAN). — Voir *Polonovski (Michel)*... 454

ROCHE (JEAN), M[lles] SIMONE DE LAROMIGUIÈRE et ALICE LAURENS. — Sur le système phosphatasique de la muqueuse intes-

MM. Pages.

tinale... 495
ROCHE (JEAN), NGUYEN VAN THOAI et Mlle JOSETTE BAUDOIN. — Sur les phosphatases des hématies actives en milieu acide (phosphatases acides)... 386
RÖSCH (JEAN). — Le prix Benjamin Valz lui est décerné... 609
ROGER (FRÉDÉRIC). — Le prix Jules Mahyer lui est décerné... 616
ROIG (JEAN). — Utilisation de formules approchées pour l'étude photométrique des anneaux à l'infini des lames semi-argentées. 463
ROMANOVSKY (VSEVOLOD). — Influence des ions sur le tassement d'une suspension de poudre de quartz... 531
— Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée... 620
ROQUES (MAURICE). — Le prix Saintour lui est décerné... 616
ROSTAND (JEAN). — Sur la résistance au froid des œufs *récemment pondus* de *Bombyx Mori*... 73
ROTHÉ (EDMOND). — M. *Ernest Esclangon* annonce sa mort... 209
— Notice nécrologique; par M. *Charles Maurain*... 289
ROUBAUD (ÉMILE). — Rapports des prix de Gama Machado, fondation Savigny, prix Jean Thore... 613
ROUBAUD-VALETTE (JEAN). — Sur l'édification d'une géométrie ondulatoire... 173
ROUSSET (AUGUSTE). — Le prix Marquet lui est décerné... 617
ROUSSILHE (HENRI). — Présenté en troisième ligne pour la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Eugène Fichot*... 336
— Obtient des suffrages... 340
ROUSSY (GUSTAVE). — Porté sur une liste pour la désignation d'un membre du Conseil supérieur d'hygiène publique de France... 265
ROUSSY (GUSTAVE), MAURICE et PAUL GUÉRIN. — Pouvoir cancérigène du benzopyrène selon le degré de purification... 396
ROUTHIER (PIERRE). — Sur la structure de la zone de Corte (Corse)... 117
ROY (Mme MADELEINE) [Mme AUGUSTIN BOUTARIC] et M. AUGUSTIN BOUTARIC. — Sur le dosage de la bilirubine dans les sérums sanguins... 425
ROY (MAURICE). — Fait hommage d'un Ouvrage : « Du type classique au type futur de la locomotive à vapeur »... 339
RUELLAN (FRANCIS). — Un prix Hirn lui est décerné... 618
RULLIER (GEORGES). — Disparition progressive du taux de certaines substances réductrices existant dans la peau du Cobaye au cours de la tuberculose expérimentale. 549

S

SANNIÉ (CHARLES). — Voir *Polonovski (Michel)*... 454
— Une subvention Loutreuil lui est accordée... 618
SANTENOISE (DANIEL). — Voir *Polonovski (Michel) et divers*... 148
— Voir *Polonovski (Michel)*... 454
SAVARIT (MAURICE). — Un prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences lui est décerné... 615
SCHAEFFER (GEORGES). — Le prix L. La Caze de physiologie lui est décerné... 614
— Pose sa candidature à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort, de M. *Arsène d'Arsonval*... 249
— Présenté en seconde ligne... 391
— Obtient des suffrages... 397
SCHEELE (CARL WILHELM). — Manuskript 1756-1777, Tolkning av *C. W. Oseen* (Publié par l'Académie des Sciences de Stockholm) (imp.)... 245
— Id. Ordnade av *C. W. Oseen*. Ljustryck (id.) (imp.)... 245
SCHMITT (PIERRE). — Contribution à l'étude de l'écoulement autour

MM. Pages.

de deux profils d'aile............ 400
SECONDAT (MARCEL). — Voir *Auvergnat* (*Roger*) et *Marcel Secondat*.. 92
SECONDAT (MARCEL) et DIÉGO DIAZ. — Recherches sur la lactacidémie chez le Poisson d'eau douce...... 71
SECRÉTAIRE D'ÉTAT A LA SANTÉ PUBLIQUE. — Invite l'Académie à lui présenter une liste de trois de ses Membres, dont l'un sera nommé Membre du « Conseil supérieur d'hygiène publique de France ». La liste comprend MM. *H. Vincent, Ch. Achard* et *G. Roussy*.................... 265
SÉGUY (EUGÈNE). — Ce qu'il faut savoir pour connaître et exterminer les animaux pillards et destructeurs de l'économie domestique qui détruisent pour 110 milliards de francs chaque année (imp.)........................ 249
SÉJOURNÉ (PAUL). — Son remplacement dans la Section des Académiciens libres..... 429, 500, 519
SÉMIROT (PIERRE). — Sur les mouvements périodiques d'un corps attiré par deux centres fixes..... 408
SENAY (PIERRE). — Voir *Chevalier* (*Auguste*)..................... 397
SERVANT (ROGER). — Sur la dispersion de la biréfringence magnétique........................ 574
SERVIGNE (MARCEL). — Le prix François Hébert lui est décerné....... 610
SEURAT (GASTON). — Un prix Gegner lui est décerné................ 618
SIDERSKY (DAVID). — Pasteur et Renan. Les sciences et les lettres (imp.)........................ 50
SIESTRUNCK (RAYMOND). — Sur un mode de calcul de la distribution optima de circulation des hélices bipales................. 171
— Sur les régimes de résolution des jets liquides sous l'influence d'un soufflage axial..................... 404
SIMONET (MARC) et ALEXANDRE FARDY. — Comportement cytogénétique d'un hybride amphidiploïde fertile, *Nicotiana tabacum* L. var. *purpurea* Anast. ($n = 24$) $\times$ *N. Sylvestris* Speg et Comes ($n = 12$), obtenu après traitement à la colchicine........................ 378
SOCIÉTÉ NATIONALE D'ACCLIMATATION DE FRANCE. — Une subvention Villemot et Carrière lui est accordée................ 620
SOMIGLIANA (CARLO). — Vito Volterra. Discorso commemorativo pronunciato nella prima tornata ordinaria del sesto anno accademico, il 30 novembre 1941 (imp.). 249
SOSA (Mme ANTONIO), née CÉCILE BOURDOUIL. — Différences de chimisme dans les fleurs de divers types de Renonculacées......... 27
SOUÈGES (RENÉ). — Embryogénie des Oléacées. Développement de l'embryon chez le *Ligustrum ovalifolium* Hassk.................. 328
— Id. des Polémoniacées. Développement de l'embryon chez le *Gilia tricolor* Benth.................. 543
SPARROW (Mme HÉLÈNE) et M. PIERRE MARESCHAL. — Innocuité pour l'Homme de la piqûre du Pou typhique et données expérimentales sur les conditions de l'infection typhique.................. 389
STANKOFF (EUGÈNE). — Voir *Polonovski* (*Michel*) et *divers*.......... 148

T

TARDI (PIERRE). — Pose sa candidature à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par la mort de M. *Eugène Fichot*........................ 101
— Présenté en troisième ligne........ 336
TCHOUBAR (Mlle BIANCA). — Augmentation de cycle en série cyclanique. Série du cyclopentane (dérivés monométhylés), du cycloheptane et de l'indane........... 224
THEILLAUMAS (CLÉMENT-MARIE). — Sur le comportement des éléments de redresseurs secs pour de faibles

MM. Pages.
densités de courant............. 15
THÉODORESCO (Mlle Marie). — Voir *Murgier* (Mlle *Marcelle*) et Mlle *Marie Théodoresco*............. 530
THOMSON (Sir Joseph John). — L'Académie reçoit confirmation de sa mort.................... 77
— Notice sur sa vie et ses travaux; par M. *Maurice de Broglie*.......... 557
THORAL (Marcel). — Le prix André-C. Bonnet de paléontologie lui est décerné..................... 612
TIFFENEAU (Marc). — Le centième anniversaire de la réforme des poids atomiques................ 214
— Rapport du prix Parkin........... 616
TIFFENEAU (Robert). — Une mention honorable Montyon de médecine et chirurgie lui est accordée. 613
TILQUIN (André). — La toile géométrique des Araignées (imp.)...... 562
TIMON-DAVID (Jean). — Fragments de biochimie entomologique (imp.). 291
TOUBERT (Joseph). — Le prix Larrey lui est décerné.................. 614
TRABUT (Louis). — Flore des Hépatiques de l'Afrique du Nord, *in* Mélanges bryologiques et lichénologiques (imp.)............... 453
TROCHAIN (Jean). — Le prix Gay lui est décerné................. 610
TROMBE (Félix). — Nouvelle méthode de précipitation basique appliquée à la séparation des éléments des terres rares........... 539

U

URBAIN (Mlle Geneviève). — Voir *Mentzer* (*Charles*) et Mlle *Geneviève Urbain*.................. 554

V

VASILESCO (Florin). — Sur quelques formes plus générales des critères de régularité de MM. de La Vallée Poussin et Wiener.............. 249
— Sur quelques critères nouveaux de stabilité....................... 296
— Sur les mouvements avec sillage.... 317
VAUFREY (Raymond). — Une subvention Loutreuil lui est accordée. 619
VELITCHKOVITCH (Jean). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné....... 617
VELLUZ (Léon). — Voir *Dufraisse* (*Charles*), *Léon Velluz* et *Robert Demuynck*..................... 111
VÈNE (Jean). — Sur la stabilité du cycle lactonique des β-campholides substituées................ 159
VERNOTTE (Pierre). — Détermination, par la *condition de moindre imprécision*, des coefficients d'une formule représentant une courbe expérimentale, où ils figurent linéairement.................. 568
VÉRON (Marcel). — Voir *Rocard* (*Yves*) et *Marcel Véron*.......... 402
VESSIOT (Ernest). — Le prix Le Conte lui est décerné............ 616
VIEUCHANGE (Jean). — Un prix Jean Dagnan-Bouveret lui est décerné....................... 614
VIGNAL (Jean). — Présenté en troisième ligne pour la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Eugène Fichot*.................... 336
— Obtient un suffrage............... 340
VILLAT (Henri). — Rapports des prix Montyon de mécanique, Boileau, Henri de Parville de mécanique......................... 609
— Id. du prix Plumey............... 610
VILLE (Jean). — Sur un problème de géométrie suggéré par l'étude du mouvement brownien........... 51
VILLEY (Jean). — Sur la chambre d'alimentation des souffleries à accumulation.................. 54
VINCENT (Hyacinthe). — Porté sur une liste pour la désignation d'un membre du Conseil supérieur d'hygiène publique de France.... 265
— Rapports des prix Montyon de

MM. Pages.
médecine et chirurgie, Bréant.... 613
— Id. des prix Larrey, fonds Charles Bouchard, prix Jean Dagnan-Bouveret...................... 614
— Id. du prix Laura Mounier de Saridakis......................... 617
VOLMAR (Yves) et Georges GEOT-

MM. Pages.
TELMANN. — Sur les antimoniocitrates alcalins............. 417
VOLTERRA (Vito). — Energia nei fenomeni elastici ereditarii (imp.). 249
— Voir *Somigliana (Carlo)*........... 249
VUILLAUME (Robert). — Une subvention Loutreuil lui est accordée. 618

W

WACHÉ (Xavier). — Voir *Chevenard (Pierre)* et *Xavier Waché*........ 437
WAN CHUN CHENG. — Le prix Tchihatchef lui est décerné.......... 610
WYART (Jean). — Un prix Millet-Ronssin lui est décerné.......... 619
— Voir *Colombani (Antoine)* et *Jean Wyart*........................ 129

Y

YADOFF (Oleg). — Les arrérages de la fondation Charles Frémont lui sont attribués.................. 620
YADOFF (Oleg) et Pierre MATHON. — Sur l'influence de la saturation d'une bobine inductive à noyau de fer réglée en dissonance....... 429
YUASA (Mlle Tosiko). — Sur le spectre continu des rayons β^- émis par le radiovanadium $^{52}_{23}$V............. 414
YVON (Jacques). — Le photon dans la théorie quantique du rayonnement........................ 410

Z

ZAVADSKAÏA (Mme Benjamin), née Nadežda Aleksandrovna DOBROVOLSKAÏA. — Dissociation de la fraction toxique des tumeurs spontanées de la mamelle de Souris.......................... 514

GAUTIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
119490 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.